

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТЫЙ

5

1962

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

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Проф. Ф. И. Коперин (отв. редактор), доц. П. И. Войчаль (зам. отв. редактора), проф. А. Э. Грубе (зам. отв. редактора), проф. М. Д. Данилов, проф. В. К. Захаров, проф. О. Г. Каппер, проф. С. Я. Коротов, проф. Ф. М. Манжос, акад. ВАСХНИЛ проф. И. С. Мелехов, доц. Н. В. Никитин, проф. С. И. Рахманов, доц. Г. Я. Трайтельман, доц. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь редакции А. И. Кольцова.

---

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

Выходит 6 раз в год.

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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОЛОГИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ  
П. С. ПОГРЕБНЯКА И Г. Ф. МОРОЗОВА**М. М. ПУТИЛИН**

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

По словам акад. П. С. Погребняка, его типология является продолжением, обобщением и дальнейшим усовершенствованием лесоводственных типологий, зародившихся на производстве, преимущественно в практике лесоустройства (П. И. Гуторовича, П. П. Серебренникова, А. А. Крюденера и Е. В. Алексеева).

Задачи, стоявшие перед лесоустроителями-зачинателями лесоводственной типологии, были сформулированы П. И. Гуторовичем в 1897 г. Крайняя трудность учета обширных лесных площадей севером кропотливыми методами лесной таксации, при остром недостатке лесоустроительного персонала, заставили искать возможно более простой способ определения состава и ценности наличных лесов. Для этого достаточно было установить по самым простым признакам наиболее часто встречающиеся категории лесов:

Для северной таежной подзоны Европейской части СССР признаки таких категорий были разработаны П. П. Серебренниковым (1913 г.). Он выделил леса по суходолу и леса по мокрому, с разделением первых на три, а вторых на четыре типа по степени влажности почвы. Такой принцип выделения категорий лесов является практически целесообразным в этих условиях.

А. А. Крюденер отчетливо установил два фактора, имеющие значение для формирования типов леса: а) петрографический характер почвы (богатство минеральными элементами пищи для растений) и б) влажность почвы. Он имел дело с лесами, произрастающими в условиях более глубоко врезанных речных долин, лучшего дренажа водоразделов и склонов и меньшего избытка влаги, чем в тайге северных районов; плодородие почвы является здесь важным фактором формирования типов леса, характеризуемым конкретными признаками почвенных разностей.

Е. В. Алексеев принял принцип А. А. Крюденера и в то же время придерживался мнения П. П. Серебренникова. Он устраивал леса Днепровского полесья — слабо дренированные равнинные пространства, местами сильно заболоченные. В этих условиях деление лесов по влажности почвы было практически вполне целесообразным.

Е. В. Алексеевым в качестве признаков типа леса (кроме влажности почвы) были приняты механический состав и генетические кате-

тории почв, а также породный состав насаждения, класс бонитета, состав подлеска и травянистый покров.

В основе типологической концепции П. С. Погребняка лежат принципы деления насаждений на категории или типы леса, имеющиеся у трех авторов — типологов. Но в само содержание категорий П. С. Погребняк вносит два преобразования.

Сохраняя деление участков леса по влажности почвы или местообитанию, П. С. Погребняк отказался от конкретной характеристики почвенных условий, характеризующих типы леса, и установил четыре относительные градации плодородия почв. Это позволило построить классификационную схему в виде прямоугольной сетки из 24 клеток, носящих название эдапов. Таким путем удалось стандартизировать природные условия местопроизрастания и дать им условные обозначения.

Каждый эдап, следовательно, представляет собой сочетание степени плодородия почвы со степенью ее влажности. Градации плодородия и влажности почвы определяются не по объективным натуральным признакам почвы, а по их отражению на растительности. П. С. Погребняк, следовательно, перешел на определение типов условий местопроизрастания и типов леса по растительности и классу бонитета древостоя (уровню урожайности).

Таким образом, из пяти групп факторов лесообразования, принимаемых во внимание при определении типов леса по концепции Г. Ф. Морозова, П. С. Погребняк оставляет только одну группу — экологические свойства растений. Тем самым из числа признаков типа леса исключаются признаки географической среды. Типы леса благодаря этому теряют всякую связь с географическим пространством, становятся абстрактными понятиями, приложенными в любой точке лесной территории.

Определение типа условий местообитания и типа леса по экологическим свойствам древесных пород и травянисто-моховой растительности неизбежно приводит к весьма широким обобщениям. Поясним это примерами.

**Первый пример.** В нагорной части Шипова леса, на профиле, заложенном в направлении от водораздела в пойме реки, Г. Ф. Морозов, Отоцкий, Степанов, Балц и другие исследователи выделили ряд последовательно сменяющихся почвенных разностей, различающихся между собой по морфологическим признакам и содержанию химических элементов. Эти почвенные разности дают не одинаковый растительный эффект, выражающийся в различии состава насаждений, их формы и класса бонитета (последний колеблется от I до V включительно).

При определении типов леса по эдафической сетке П. С. Погребняка в этом случае все разности почв относятся к одной и той же категории плодородия — трофотопу Д. Чем же в этом случае определяется разница в растительном эффекте и разница классов бонитета дубовых древостоев? По словам П. С. Погребняка, «причиной ухудшения состава и роста леса в ряду нарастающего оподзоливания является не падение почвенного плодородия (трофности), а увелечение сухости местообитания, ярко раскрываемое всеми индикаторами» и «следовательно, основной экологический ряд дубрав Шипова леса не трофогенный, а гигрогенный» [2].

**Второй пример.** На левом побережье реки, где расположены боровые пески дюнного ландшафта, все песчаные и супесчаные почвы, на которых растут сосновые насаждения, различающиеся по классам бо-

нитета, согласно схеме П. С. Погребняка, по трофности относятся к одной категории — А. И в этом случае основной экологический ряд является также не трофогенным, а типичным гигрогенным.

В обоих рассмотренных примерах применен принцип деления лесов на категории по степени влажности почвы, предложенный в свое время для лесов севера П. П. Серебрянниковым. Этот принцип распространен и на леса лесостепи с коррективом на плодородие почвы.

Полный отрыв лесотипологической схемы П. С. Погребняка от географических условий\* составляет главное отличие его взглядов от концепции Г. Ф. Морозова. Весьма яркую иллюстрацию последствий такого отрыва можно найти в обширной и очень обстоятельной работе Д. В. Воробьева, посвященной типам леса Европейской части СССР [1]. В этой работе имеются очень интересные выводы, сделанные в результате изучения распределения типов леса по географическим районам названной части страны. Один из этих выводов следующий: «При тех же почвогрунтах и при том же местоположении, но в разных климатических условиях встречаются разные типы леса». Для иллюстрации последнего тезиса автор приводит такой пример: на равных местоположениях плато и суглинистых почвах, но в разных климатических условиях зарегистрированы следующие типы лесного участка (эдатоны): А<sub>3</sub>, А<sub>4</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, Д<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub> и Д<sub>3</sub> (стр. 71).

В содержание понятия о типе леса не входят также признаки, определяемые хозяйственной деятельностью человека.

Схема П. С. Погребняка, благодаря простоте, имеет большое практическое значение. Она как раз отвечает той задаче, которая была сформулирована П. И. Гуторовичем. И до тех пор, пока таксатор при инвентаризации лесов, наряду с составом, средним возрастом, средней высотой и диаметром, классом бонитета, должен мимоходом отмечать и тип леса для каждого таксационного выдела, такой способ будет наиболее удобным в отношении возможно большей экономии квалифицированного труда и средств.

Из описанной выше разницы в содержании понятия о типе леса между концепцией проф. Г. Ф. Морозова, с одной стороны, и концепциями акад. В. Н. Сукачева [3] и акад. П. С. Погребняка, с другой, вытекают некоторые практические следствия, на которые следует обратить внимание для лучшего уяснения той роли, которую может иметь каждая из названных типологий в изучении и исследовании лесов.

По Морозову определение типа леса требует анализа лесообразовательного процесса, слагающегося из строго соподчиненного и взаимосвязанного ряда звеньев: климатического, историко-геологического, орографического, почвенного, фитоценотического и биотического. Сочетание этих звеньев изменяется в зависимости от географического положения. Выявление такого сочетания для данного лесного массива или его участка и составляет задачу лесоводственного описания и определения типов леса. Для такого анализа требуется отдельное, независимое от изучения насаждения, исследование условий местопроизрастания: нивелировка территории леса, составление карты горизонталей и в связи с ней — почвенной карты, увязанной с геологическим происхождением и свойствами почвообразующей породы. Затем следует описание растительного сообщества с таксационной характери-

\* Это не значит, что при исследовании типов леса по методу П. С. Погребняка условия географической среды вообще не принимаются во внимание и не изучаются. Это значит, что условия географической среды не входят в число существенных признаков, но входят в число случайных признаков, дающих варианты типов леса, но не являются факторами образования типа леса.

стикой насаждения и историей изменений, внесенных в него хозяйственной деятельностью человека. На основании таких описаний устанавливаются взаимосвязи и взаимовлияния насаждения с условиями среды, соответствие состава, формы и производительности насаждения с последними. Все это дает основание к познанию функций насаждения по отношению к ландшафту, часть которого оно составляет. Такая оценка является наиболее важной лесоводственной задачей и составляет цель типологического описания по концепции Морозова. Поэтому и типологическая концепция Морозова является лесоводственной в собственном и узком значении этого слова.

При таком методе описания и установления типов леса, который логически вытекает из содержания понятия о типе леса, никакая группа внешних или внутренних факторов лесообразования не может быть признана априори ведущей и определяющей, а равным образом и выделяемые типы леса не могут превращаться в стандартные эталоны, приложенные во всех географических условиях.

По концепциям же В. Н. Сукачева и П. С. Погребняка тип леса для данного насаждения устанавливается путем констатации известных, предварительно указанных признаков растительного сообщества, независимо от условий, в которых оно находится, и от хозяйственной деятельности человека. Условия среды, по этим концепциям, отражаются видовым и экологическим составом растительного сообщества, его строением; по тем же признакам определяется и тип условий местопроизрастания. Поэтому исключается возможность обнаружения несоответствия между составом, формой и производительностью насаждения, с одной стороны, и условиями местопроизрастания, с другой. Констатируется лишь то, что имеется в наличии, и нет оснований судить о том, что может и должно быть, согласно производительным силам участка земли, занимаемого насаждением. Оценка последних возможна только методом изучения типа леса, предложенным Г. Ф. Морозовым.

Наше утверждение в адрес типологий В. Н. Сукачева и П. С. Погребняка на первый взгляд может показаться несправедливым. Известно, что как В. Н. Сукачев, так и П. С. Погребняк рекомендуют и считают необходимым изучение типов леса начинать с изучения внешних условий местопроизрастания, в том числе исследовать профиль местности с привязкой к нему типов леса, то есть увязать их с геоморфологическими условиями, рельефом, почвенными и гидрологическими условиями.

Однако для правильного понимания основ типологической концепции как классификации природных явлений следует иметь в виду, что ведущими и определяющими признаками изучаемого явления считаются те, которые на том или ином основании признаны существенными. Совокупность последних определяет цели и логическую канву всей научно-исследовательской работы.

В данном случае существенными признаками типа леса служат признаки, свойственные растительному сообществу. Материалы же, получаемые от непосредственного изучения внешних условий местопроизрастания, имеют лишь вспомогательное и контрольное значение, облегчающее выбор тех или других признаков растительности в качестве определяющих тип леса. Изучение условий местопроизрастания является в этом случае факультативным. Типы леса могут устанавливаться и без специального исследования таких условий по установленным признакам, аналогично определению вида растения по определителю.

Типы леса, оторванные от конкретных признаков географической среды, оказываются оторванными от типа географического ландшафта, часть которого они составляют. В силу этого они характеризуют лишь внутренние для лесного насаждения явления, наблюдающиеся в пространстве между поверхностью почвы и вершинами деревьев. Явления, лежащие вне этих границ, и функции насаждения по отношению к окружающей обстановке находятся вне поля зрения. Поэтому такие типы леса не пригодны для выявления почвозащитных, водоохраных и других мелиоративных функций леса. Этим же исключается возможность увязки таких типов леса с мелиоративными классификациями лесов, так как последние базируются всецело на внешних условиях среды.

Лесомелиораторы Г. А. Харитонов и проф. А. С. Казменко предложили свои классификации лесов по мелиоративному их значению. ВНИИЛХ принял и рекомендовал для применения на производстве при устройстве лесов классификацию лесных площадей по их водоохранной и защитной роли, разработанную акад. И. В. Тюриным.

Однако ни один из авторов названных классификаций не сделал ни малейшей попытки сближения прилагаемых ими классов водоохранности и почвозащитности с общепринятыми в лесоустройстве типами леса В. Н. Сукачева или П. С. Погребняка. Уже это одно показывает, что классификации типов леса и мелиоративных свойств леса построены на глубоко различных основаниях и не имеют связи, несмотря на то, что относятся к одному и тому же природному объекту — лесному насаждению. Типы же леса, установленные по концепции Г. Ф. Морозова, удовлетворят любые требования лесомелиорации, так как они могут быть правильно выделены лишь на основе карты горизонталей и карты почвенно-грунтовых условий, увязанных с геологией почвообразующих материнских пород.

Очевидно, если бы леса, признаваемые особо ценными, своевременно получили бы описание по методике, требуемой типологией Г. Ф. Морозова, а не по трафаретам таксационных описаний лесоустроительных инструкций, отпала бы необходимость в отдельных классификациях водоохраных и почвозащитных лесов, так как все необходимые элементы для оценки их мелиоративной роли являются составными частями описания типов леса. Одновременно эти типы леса характеризуют как видовой состав, так и структуру и внутренние условия насаждения, строго обусловленного комплексом внешних факторов среды. Поэтому типология Г. Ф. Морозова дает основания для расчленения любого лесного массива на организационные единицы (хозяйства), в рамках которых могут проектироваться специализированные лесохозяйственные мероприятия, реализующие мелиоративное значение леса для окружающей его местности.

В заключение попытаемся дать ответы на два вопроса.

1) Может ли концепция В. Н. Сукачева или П. С. Погребняка, или объединяющая их, заменить типологическую концепцию Г. Ф. Морозова? Ответ на этот вопрос вытекает из разницы в содержании понятия о типе леса. Ни та, ни другая типология не могут заменить типологию Г. Ф. Морозова и быть ее продолжением.

Возможно ли объединение типологических концепций В. Н. Сукачева и П. С. Погребняка в целях создания единой классификации типов леса? Ответ на этот вопрос следует ожидать от авторов этих концепций. Но очевидно, что такая унифицированная типологическая концепция не может заменить концепцию Г. Ф. Морозова по тем же причинам, как и каждая из них в отдельности.

2) Какое значение может иметь для лесоводства в наши дни и ближайшем будущем концепция Морозова, можно ли считать ее сданной в архив?

Очевидно, что пока лесное хозяйство будет в основном ограничиваться эксплуатацией наличных запасов насаждений на подавляющей площади лесов и в этих целях производить уход за подрастающим поколением, которое дает природа, — до тех пор оно будет удовлетворяться классификацией, определяющей типы леса по признакам, свойственным наличной растительности. Но когда перед лесным хозяйством возникнут задачи ухода за почвой в целях повышения ее плодородия и повышения продуктивности насаждений, вопросы замены малопродуктивных древостоев насаждениями, максимально использующими естественное плодородие почвы, а также повышения почвозащитного значения конкретных участков леса, ухода за водным режимом почвы и водоохранного значения конкретных лесных массивов по отношению к окружающей местности, — тогда типы леса, определяемые по признакам растительности, будут непригодны для организаций лесного хозяйства. Типология Г. Ф. Морозова дает более надежную основу для организации лесного хозяйства, поскольку она связывает условия географической среды и лесное насаждение в единый комплекс конкретно устанавливаемыми причинными связями. Последние позволяют в каждом отдельном случае вскрывать факторы, регулирующие плодородие почвы и продуктивность древостоев, и выявить функции данного лесного массива по отношению к ландшафту, часть которого он составляет.

Когда при производстве лесных культур будет необходимо введение древесных и кустарниковых пород определенных климатических типов и генотипов, очевидно, что географизм условий местопроизрастания и географические расы древесных пород, вводимых в культуры, будут иметь решающее значение. Типология Г. Ф. Морозова, классифицирующая типы леса как географические явления в связи с типами географических ландшафтов, открывает широкие перспективы в изучении географических элементов леса и дает базу для внедрения в производство достижений селекции, натурализации и интродукции древесных и кустарниковых пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Д. В. Воробьев. Типы лесов Европейской части СССР. Изд. АН УССР, Киев, 1953. [2]. П. С. Погребняк. Основы лесной типологии. АН УССР, изд., 2, Киев, 1955. [3]. М. М. Путилин. Сравнительный анализ типологических концепций В. Н. Сукачева и Г. Ф. Морозова. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1962.

Поступила в редакцию  
31 марта 1962 г.

## РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ НАСАЖДЕНИЙ ВЕТЛЫ (*Salix alba* L.)

М. В. ДАВИДОВ

Профессор

(Украинская академия сельскохозяйственных наук)

Белая ива (ветла) по скорости роста и продуктивности может быть поставлена наряду с тополями. Между тем, она недостаточно изучена, в особенности с таксационной точки зрения. В частности, вопрос о росте и продуктивности образуемых ею насаждений еще слабо освещен в литературе. Чтобы заполнить этот пробел, необходимо было произвести специальные исследования.

Народнохозяйственное значение ветляников на Украине очень велико. По состоянию на 1/1-1961 г. общая площадь насаждений ветлы в СССР составляла 12 тыс. га с запасом 0,77 млн. м<sup>3</sup>. Наиболее богаты ветляниками Херсонская, Одесская, Полтавская, Луганская и Днепропетровская области:

Нами проводились исследования в Херсонском и Токаревском лесничествах Херсонского лесхоззага. Основной лесообразующей породой здесь является ветла, насаждения которой возникли в результате посадки черенков или кольев. В отдельных случаях можно встретить ветляники, возобновившиеся порослью от пня после рубки материнского насаждения. Они имеют своеобразный вид, так как рубка производилась по принципам «коблового» хозяйства, и высота пня допускалась от 1 до 2 м над уровнем почвы (рис. 1).

В виде исключения на территории лесхоззага (квартал 4 Херсонского лесничества) можно встретить насаждения ветлы семенного происхождения.

Методика исследования хода роста ветляников была та же, что и для белокаштаневых насаждений [1].

Было заложено 22 пробные площади в насаждениях вегетативно-го и семенного происхождения, на которых срублено и проанализировано 153 модельных дерева. Срубленные модели были использованы для определения хода роста и запаса насаждений. При обработке материала дополнительно было использовано 9 пробных площадей (1с бонитета), заложённых в ветляниках Станично-Луганского лесхоззага [2]. В табл. 1 представлено распределение всех исследованных насаждений по классам бонитета, типам роста и группам возраста.

Пробные площади были заложены как в приустьевой, так и в центральной частях поймы. Обмеренные ветляники произрастают здесь на богатых иловато-болотных почвах, при близком залегании грунтовых вод в летние месяцы. Напочвенный покров в них густой и обиль-

Таблица I

Происхождение	Класс бонитета	Тип роста	Число пробных площадей в возрасте, лет			Итого
			1—10 (молодняки)	11—20 (средневозрастные)	21—30 (приспевающие и спелые)	
Вегетативное . . . . .	I c	To	1	4	—	5
" . . . . .	I c	Ty	2	1	6	9
" . . . . .	I в	To	—	2	2	4
" . . . . .	I в	Ty	1	7	2	10
Семенное . . . . .	I d	Ty	—	3	—	3
Итого . . . . .	—	—	4	17	10	31

Примечание. Обозначения типов роста насаждений: To — с умеренным приростом по высоте; Ty — с относительно быстрым приростом по высоте в молодом возрасте и заметно убывающей интенсивностью прироста в последующие годы.

ный. В его составе — осоки, мята, ирис, тростник, иногда крапива, ежевика. Подлесок, как правило, отсутствует.

Насаждения по составу чистые, хорошей сомкнутости и полноты. Стволы с высоко приподнятой кроной, стройные и полнодревесные; лишь в отдельных случаях встречаются насаждения, в которых большая часть стволов имеет неправильную изогнутую форму.

Некоторое представление о внешнем виде исследуемых насаждений можно составить по рис. 1 и 2.

Обработка собранного материала была начата с анализа срубленных модельных деревьев. На основании полученных данных о ходе роста по высоте и диаметру деревьев, срубленных в «указательных» насаждениях, можно было убедиться в том, что ветляники развиваются по двум типам роста. В пределах одного класса бонитета, кроме обычного умеренного роста в высоту (To), можно было выделить и тип роста с убывающей интенсивностью прироста по высоте (Ty). У таких насаждений наблюдается весьма энергичный рост в высоту и по диаметру в возрасте 5—10 лет, когда они развиваются по более высоким классам бонитета (на один-два класса), чем обычные (у которых в течение всего периода жизни класс бонитета один и тот же). Затем происходит резкое падение прироста, и к 25—30 годам средняя высота у насаждений разных типов роста оказывается примерно одинаковой, то есть оба насаждения в данном возрасте принадлежат к одному и тому же классу бонитета.

Отмеченные особенности в росте ветлы, несомненно, связаны с почвенно-грунтовыми условиями. Ветла плохо переносит засоленность грунта, а в центральной части поймы создаются наиболее благоприятные для этого условия. Здесь фильтрация почвы в значительной мере ослаблена по сравнению с приустьевой частью поймы, и со временем в почве происходят процессы, способствующие ее засолению. В данном случае, как показали исследования [3], в почве действительно происходит увеличение суммы растворимых в воде минеральных солей, а ветла при этих условиях развивает поверхностную корневую систему. Корни ее, достигнув засоленных слоев почвы, не идут вглубь, а развиваются параллельно образовавшемуся засоленному слою, что в конечном итоге отражается на энергии роста в высоту.

При бонитировании обмеренных насаждений мы исходили из средних высот в 25—30-летнем возрасте, когда ветляники в основном уже заканчивают рост в высоту. Рост ветловых насаждений оказался на-



Рис. 1.

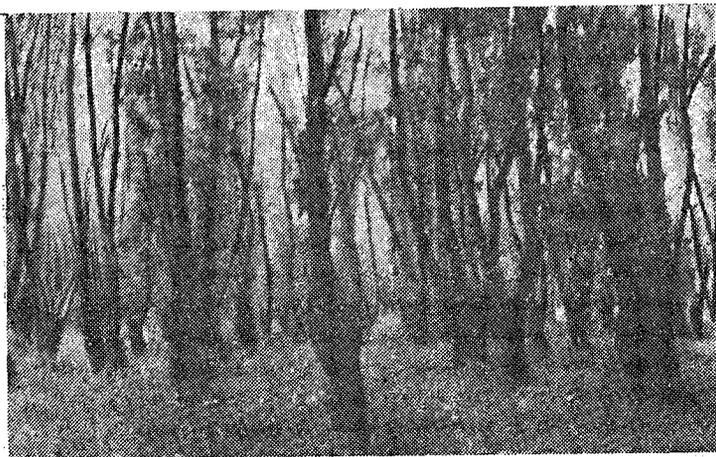


Рис. 2.

столько энергичным, что он не укладывался в известную общебонитировочную шкалу, которую пришлось дополнить недостающими более высокими классами бонитета Iв, Iс и Iд. После распределения материала по классам бонитета, а в пределах каждого класса — по типам роста можно было приступить к дальнейшей его обработке.

Обработка материала, в целях составления таблиц хода роста для данной породы, производилась как статистическим, так и графическим методами. При этом показатель точности исследования колебался: для высот — от 2,0 до 4,7%, для диаметров — от 3,8 до 9,9%.

Возраст	Главная часть							
	средняя высота, м	средний диаметр, см	число стволов на 1 га	сумма пло- щадей се- чений на 1 га, м <sup>2</sup>	видовое число, 0,001	запас ство- ловой дре- весины на 1 га, м <sup>3</sup>	прирост, м <sup>3</sup>	
							средний	текущий

## Насаждения вегетативного

## Ic класс бони

5	5,4	6,5	2500	8,3	890	40	8,0	—
10	10,6	11,5	1827	19,0	637	128	12,8	17,6
15	15,6	16,4	1327	28,0	539	233	15,5	21,0
20	19,3	21,2	938	33,1	498	318	15,9	17,0
25	22,1	26,7	700	36,3	472	381	15,3	12,6
30	24,8	30,0	546	38,6	460	433	14,4	10,4

## Ic класс бони

5	9,2	9,0	2500	16,0	680	105	21,0	—
10	15,0	13,7	1776	27,1	543	221	22,1	23,2
15	19,0	17,8	1313	32,7	500	311	20,8	18,0
20	21,8	21,7	973	36,0	476	373	18,6	12,4
25	23,6	25,2	780	37,9	468	415	16,6	8,4
30	24,8	28,3	622	39,1	460	446	14,9	6,2

## Iв класс бони

5	4,0	5,2	2500	5,4	—	22	4,4	—
10	8,6	10,1	1862	14,9	705	90	9,0	13,6
15	13,0	14,8	1372	23,6	577	177	11,9	17,4
20	16,2	19,3	993	29,0	532	250	12,5	14,6
25	18,8	23,6	741	32,4	499	304	12,2	10,8
30	20,8	27,7	577	34,8	484	350	11,7	9,2

## Iв класс бони

5	7,5	8,0	2500	12,6	754	71	14,2	—
10	13,0	12,4	1950	23,6	577	177	17,7	21,2
15	16,7	16,1	1451	29,6	524	258	17,2	16,2
20	18,8	19,6	1073	32,4	499	304	15,2	9,2
25	20,3	22,7	847	34,3	488	319	13,6	7,9
30	21,4	25,5	695	35,5	434	364	12,1	5,0

## Насаждения семенного

## Id класс бони

5	6,4	5,1	5098	10,4	823	55	11,0	—
10	12,2	10,4	2576	21,9	600	159	15,9	20,8
15	16,6	15,2	1630	29,5	514	257	17,3	19,6
20	19,3	18,6	1217	33,1	498	318	15,9	12,2
25	20,8	21,0	1005	34,8	484	350	14,0	6,4

Было установлено, что между высотами и видовыми высотами в ветловых насаждениях существует прямолинейная связь, выражаемая уравнением

$$hf = 0,318h + 3,40.$$

Это уравнение было использовано и для нахождения  $HF$  насаждения по его средней высоте  $H$ ; зная сумму площадей сечения ( $G$ ) для данной средней высоты, легко определить запас по известной формуле

$$M = GHF.$$

Таблица 2

насаждения					Вырубаемая часть		Общая продуктивность на 1 га, м <sup>3</sup>
выход сортиментов на 1 га, м <sup>3</sup>					число стволов на 1 га	запас на 1 га, м <sup>3</sup>	
деловая древесина			дрова	отходы			
крупная	средняя	мелкая					

## происхождения

## гета (То)

—	—	—	—	—	—	—	40
—	—	55	58	15	673	18	146
—	12	93	99	29	500	34	285
—	77	78	126	37	389	49	419
13	122	44	154	48	238	48	530
60	123	5	199	46	154	45	627

## гета (Ту)

—	—	—	—	—	—	—	105
—	2	94	97	28	724	34	255
—	43	106	125	37	463	43	388
—	82	99	147	45	340	48	498
21	133	37	172	52	193	42	582
45	138	18	196	49	158	39	652

## гета (То)

—	—	—	—	—	—	—	22
—	—	—	—	—	638	12	102
—	5	73	77	22	490	24	213
—	42	79	99	30	379	38	324
9	91	44	122	38	252	39	417
35	108	14	154	39	164	37	500

## гета (Ту)

—	—	—	—	—	—	—	71
—	—	75	79	23	550	19	196
—	23	96	108	31	499	33	310
—	67	79	121	37	378	41	397
10	100	50	136	43	226	34	466
24	118	25	153	44	152	30	521

## происхождения

## гета (Ту)

—	—	—	—	—	—	—	55
—	—	67	72	20	2522	61	220
—	20	97	108	32	946	58	376
—	65	89	126	38	418	40	477
4	91	73	140	42	212	28	537

Остальные таксационные признаки были получены вычислительным путем.

На основании материалов пробных площадей были получены данные о вырубаемой части. Общая продуктивность исследуемых насаждений была найдена известным вычислительным путем. Составленные таблицы были дополнены данными о динамике товарности исследуемых насаждений, на основе результатов обмера пробных площадей и срубленных модельных деревьев. Результаты вычислений сведены в табл. 2.

Анализируя таблицы хода роста, можно отметить следующее.

Насаждения ветлы как вегетативного, так и семенного происхождения имеют очень высокую продуктивность.

Изменение текущего и среднего приростов по запасу стволовой и деловой древесины является характерным. Возраст количественной спелости в насаждениях типа Ту, по сравнению с обычным типом роста, наступает значительно раньше.

Возраст технической и количественной спелости в насаждении типа То наступает почти одновременно (21—24 года), тогда как в типе роста Ту техническая спелость наступает на 3—5 лет позднее, чем количественная.

Таким образом, можно признать, что лучшие насаждения ветлы порослевого происхождения обычного типа роста целесообразно рубить в V классе возраста (21—25 лет), тогда как насаждения, развивающиеся по типу с убывающей интенсивностью роста (независимо от их происхождения) — в IV классе (16—20 лет).

Такой дифференцированный подход к установлению возраста рубки в ветляниках имеет определенное практическое значение. К указанному сроку рубки в полных насаждениях ветлы, относящихся к соответствующему типу роста, накапливается запас около 300 м<sup>3</sup> на 1 га, из них около 50% приходится на деловую древесину, вполне пригодную для колхозного строительства.

Установление типов роста в насаждении ветлы не должно представлять особых затруднений для таксатора. Для этой цели достаточно будет в процессе тренировочных работ при лесоустройстве на пробных площадях брать для анализа 2—3 модели из центральных ступеней толщины. Установив ход роста их в высоту и по диаметру и сопоставив полученные данные с табличными, можно определить и тип роста таксируемого насаждения.

Таким образом, при очередных работах по лесоустройству в плавневых лесах целесообразно будет производить выделы насаждений не только по классам бонитета, но и по типам роста.

Применение в практике вновь составленных таблиц для насаждений ветлы позволит уточнить запасы древесины этой породы и выявить их действительную сортиментную структуру.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. М. В. Давидов. Таблицы хода роста белоакациевых насаждений. ИВУЗ «Лесной журнал» № 6, 1961. [2]. М. А. Лохматов. Ріст і продуктивність культур верби білої в заплавах лісах по сіверському Дінцю. «Вісник с/г науки» № 11, 1961. [3]. М. А. Флоровский. Плавневі ліси Нижнього Дніпра. Видавництво АН УРСР, Київ, 1950.

Поступила в редакцию  
10 февраля 1962 г.

## О РОЛИ ОГНЯ В ВОЗОБНОВЛЕНИИ ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

**Н. А. КОНОВАЛОВ**

Профессор

**В. Д. ЛУГАНСКАЯ**

Инженер

(Уральский лесотехнический институт)

Работ по изучению влияния огня на появление самосева лиственницы Сукачева опубликовано очень мало.

Возобновление лиственницы Сукачева как под пологом леса, так и на вырубках, если не минерализуется почва, проходит неудовлетворительно, что для Среднего Урала впервые отметил П. И. Чудников [8]. Он приводит много примеров возникновения подроста лиственницы на гарях, при наличии источников обсеменения.

Влияние пожаров на возобновление лиственницы Сукачева было описано в Волжско-Ветлужском районе Поволжья В. А. Поварницыным [6]; позднее на это указал В. Б. Сочава [7].

А. А. Молчанов [3], [4] приводит данные о зависимости количества всходов различных пород от степени прогорания лесной подстилки в условиях севера Европейской части СССР. Лиственница Сукачева лучше возобновляется в сосняках-брусничниках и сосняках-черничниках, когда наблюдается сильное прогорание подстилки. На почвах же из-под сосняков лишайниково-зеленомошных появляется больше всходов при средней степени прогорания. Это объясняется, по-видимому, сухостью почвы. Из последних работ о роли пожаров в возобновлении лиственницы известна статья Н. Н. Лашинского [2].

Работники кафедры лесоводства Уральского лесотехнического института, изучая особенности возобновления лиственницы Сукачева в природных условиях Среднего Урала, обратили внимание на значение сплошных палов в этом процессе. Одновременно в лабораторных условиях были поставлены некоторые опыты, в которых принимал участие студент УЛТИ А. Л. Лутфуллин.

Рассмотрим прежде всего ход возобновления лиственницы Сукачева под пологом перестойного сосново-лиственничного леса в Учебном лесхозе УЛТИ, расположенном под Свердловском. Исследование проводилось при участии б. студентки УЛТИ А. А. Земских.

Объектом изучения явился участок сосняка орлякового, расположенный на сравнительно пологом южном склоне. Микрорельеф слегка волнистый с небольшими повышениями на местах старых пней и выхода горной породы на поверхность. Мертвый покров развит хорошо, его мощность 2 см, а степень покрытия почвы — от 0,4 до 0,8.

Почва свежая скрытоподзолистая супесчаная, имеет следующее морфологическое строение.

А<sub>0</sub> 0—2 см — слабо разложившаяся подстилка;

А<sub>1</sub> 2—8 см — черного цвета от примеси угольков супесь, вся пронизана корнями растений, переход в следующий горизонт в виде «карманов», доходящих до глубины 22 см;

В<sub>1</sub> 8—29 см — палевая с темными пятнами свежая супесь; встречаются корни древесной растительности;

В<sub>2</sub> 29—62 см — буровато-палевая с темными пятнами супесь с редкими корнями древесных растений;

С 12 см и глубже — элювий гранита.

Древостой имеет состав 8С2Лц + Б, полноту 0,6, средний диаметр 28 см; среднюю высоту 24 м; возраст 140 лет; запас 310 м<sup>3</sup>/га; класс бонитета II.

Размещение деревьев куртинное; очищаемость от сучьев довольно хорошая.

Подлесок представлен единичными кустами ракитника; рябины, липы и ивы козьей. Максимальная высота кустарников — 4 м, преобладающая — 0,6 м.

Травяной покров пятнистый. Господствует зарослями папоротник-орляк, к нему обильно примешан вейник лесной. Менее обильно и единично встречаются чина весенняя, иван-чай, черника, брусника, золотая розга, клевер люпиновый, майник двулистный, костяника, герань лесная и др.

Моховой покров из единичных подушечек, господствует *Ptilium crista castrensis* (L.) De Not.

Насаждение пройдено низовым пожаром 10—11 лет назад.

В табл. I приводятся данные о возобновлении лиственницы под пологом для двух случаев в сосняках орляковых.

Таблица 1

Условия возобновления	Количество подроста лиственницы, тыс. шт. на 1 га	Доля участия лиственницы в общем составе подроста, %
После пожара . . . . .	32,6	31,0
Без пожара . . . . .	1,06	3,7

Таким образом, при беглом пожаре возобновление лиственницы резко возрастает.

Интересно проследить за возрастной структурой подроста. Хотя лиственница плодоносит достаточно обильно почти ежегодно, но все-таки ясно выделяется подрост 3—5 лет, возникновение которого надо связать с наибольшим ее плодоношением. Накопление подроста лиственницы энергично продолжается.

Распределение подроста по территории в зависимости от степени сомкнутости крон древесного яруса, в сопоставлении с его возрастной структурой, дано в табл. 2.

Подрост всех возрастных групп встречается при различной сомкнутости верхнего полога, но больше его в «окнах» и под деревьями, так как здесь меньше развит травяной покров.

В окнах подрост старше и более устойчив. Здесь, по-видимому, сохранился также единичный подрост во время пожара. Сейчас накопление подроста в этих условиях идет хуже, чем это было после пожара. Этому мешает разросшийся травяной покров, хотя световая обстановка вполне благоприятна.

Таблица 2

Сомкнутость полога	Количество подроста (шт.) по возрастным группам (лет)				Всего
	1-2	3-5	6-10	11-15	
0	600	2900	5000	200	8700
0,1-0,3	200	3500	1100	—	4800
0,4-0,6	200	2300	—	—	2500
0,7-0,9	300	2700	3100	—	6100
1,0	4900	3300	2300	—	10500
Всего	6200	14700	11500	200	32600

Как и следовало ожидать, больше всего подроста там, где меньше покрытие почвы травами. Папоротник-орляк угнетающе действует на возобновление. Поэтому самосев появляется, как правило, между «зарослями» орляка.

Подрост лиственницы встречается, в основном, на ровных местоположениях (95,7%); к микроповышениям приурочено 4,0%, а к микропонижениям всего 0,3%. Такая закономерность нами обнаружена и при других исследованиях. По-видимому, на ровных местоположениях создаются оптимальные условия для появления самосева, а на микропонижениях — наихудшие. Последнее связано, насколько можно судить по опытам в лабораторных условиях, с чувствительностью прорастающих семян лиственницы к заливанию водой, что для сосны отмечено А. Л. Кошечевым [1].

Нами были поставлены лабораторные опыты по изучению прорастания семян лиственницы и первоначального роста сеянцев на различных субстратах.

В посевные ящики взяли ненарушенную лесную подстилку с верхним горизонтом почвы, почву с обожженной лесной подстилкой и почву со слоем золы в 1 см. При каждом варианте опыта высевали по 100 шт. предварительно пророщенных семян лиственницы. Полив был одинаковым. Опыт (в трех повторностях) продолжался 12 дней.

В табл. 3 показана зависимость количества подроста от степени покрытия почвы травяным покровом.

Таблица 3

Степень покрытия почвы	Количество подроста, %
0,1-0,3	49,3
0,4-0,6	19,2
0,7-0,9	21,5
1,0	10,0
Итого . . .	100

Если количество всходов на ненарушенной лесной почве, взятой в близком к рассмотренному выше типу леса сосняке разнотравном, принять за 100%, то на обожженной почве будет 162%, а на золе 236%. Наблюдения показали, что субстрат с золой был влажнее обожженной почвы. По-видимому, это и послужило причиной лучшего прорастания семян.

Этот эксперимент подтвердил, в основном, то, что наблюдалось в природе. Обжиг почвы содействовал появлению всходов лиственницы, особенно в тех местах, где имелись незначительные отложения золы.

Наблюдения в естественных насаждениях, а также результаты опыта позволяют прийти к выводу, что успех возобновления лиственницы Сукачева зависит от субстрата, на который падают семена. Наиболее благоприятные условия создаются на почвах, пройденных беглым огнем.

Для содействия естественному возобновлению лиственницы даурской А. Я. Орлов [5] рекомендует сплошное интенсивное прожигание подстилки при наличии семенников.

И. С. Мелехов [3] пишет, что в северной и средней Финляндии практикуется сплошное обжигание лесосек для уничтожения мощного мохового покрова и лесной подстилки.

Использование рекомендаций А. Я. Орлова и опыта финских лесоводов, с одновременной разработкой системы противопожарных мероприятий, поможет в решении вопросов о возобновлении лиственницы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Кошечев. Заболачивание вырубок и меры борьбы с ним. Изд-во АН СССР, М.-Л., 1955. [2]. Н. Н. Лашинский. Лиственничные леса среднего течения р. Чуи и естественное возобновление. Труды по лесному хозяйству Сибири, вып. 5, «Вопросы лесоведения и лесоводства». Новосибирск, 1960. [3]. И. С. Мелехов. По лесам Финляндии. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1958. [4]. А. А. Молчанов. Естественное возобновление на гарях. Журн. «Лесное хозяйство и лесозащита» № 7, 8, 1934. [5]. А. Я. Орлов. Содействие естественному возобновлению в горных лиственничниках Дальнего Востока. Журн. «Лесное хозяйство» № 9, 1953. [6]. В. А. Поварницын. Произрастание лиственницы и ее возобновление в Баковском лесничестве Нижегородской губернии. Сб. «Очерки по фитоценологии и фитогеографии», Л., 1929. [7]. В. Б. Соцава. Лиственничные леса в книге «Растительный покров СССР», изд. АН СССР, М.-Л., 1956. [8]. П. И. Чудников. Влияние пожаров на возобновление лесов Урала. ОГИЗ, М., 1931.

Поступила в редакцию  
19 февраля 1962 г.

## ОБ ИЗМЕНЕНИИ НЕКОТОРЫХ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СОСНЫ В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ В СВЯЗИ С ПРЕЖНИМ ХОЗЯЙСТВОМ

**Ф. И. АКАКИЕВ**

Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук

(Ленинградский научно-исследовательский институт лесного хозяйства)

Хотя Южная Карелия долгое время оставалась мало населенной окраиной России, леса ее с незапамятных времен подвергались заметному влиянию человека.

Повсеместно широко применялась система подсочного хозяйства, при котором выжигались насаждения, произраставшие на лучших почвах; свежие гари обрабатывались бородами-суковатками и засеивались. После снятия одного-двух урожаев пашня снова запускалась под лес, который через несколько десятилетий вновь выжигался. Следует также отметить, что здесь с древнейших времен существовал крестьянский железодельный промысел, для которого требовался древесный уголь. Трудно установить, какое влияние оказали эти виды раннего пользования лесом на качество сформировавшихся в последующем насаждений. Весьма вероятно, что преобладание в насаждениях ширококромной, сильно сбегистой сосны вблизи старых населенных пунктов в какой-то степени является следствием длительного отбора. Однако в образовании такого, столь распространенного в этих местах, фенотипа играет роль не только совокупность наследственных факторов организма, но и внешняя среда. Поэтому без специального анализа невозможно судить о том, какой фактор является ведущим в образовании у данного индивидуума плохой формы ствола и кроны, то есть являются ли эти особенности наследственными или благоприобретенными.

Промышленная эксплуатация сосновых лесов в Южной Карелии началась в первой половине XVIII в. Рубки производились вначале на «прииск», а затем «с вершка», причем в самых лучших насаждениях и только там, откуда легче было транспортировать древесину, то есть в бассейнах рек. Наиболее длительной и систематической эксплуатации подвергались лесные дачи, расположенные в бассейнах рек, впадающих в Ладожское и Онежское озера, в частности р. Сунь. В бассейне этой реки лес заготавливался вначале для чугуноделательных заводов и Адмиралтейства, а позднее — для лесопильных заводов. Таким образом, здесь в течение 150—200 лет вырубались лучшие, наиболее крупные деревья.

Постройка на водопаде Кивач в 1837 г. специального бревнотруса (по-видимому, весьма дорогостоящего сооружения), предназна-

чавшегося для пропуска бревен и хлыстов длиной до 19 м и толщиной до 60 см, является косвенным доказательством того, что крупных сортиментов заготавливалось много.

В 1959 г. нами были проведены исследования с целью выяснения влияния систематической выборки фенотипов, представляющих особую хозяйственную ценность, на изменение некоторых фенотипических особенностей деревьев, а через это и таксационных показателей древостоев, сформировавшихся на этих площадях. Для сравнения анализу подверглись древостои, расположенные в 20—25 км от реки, где, по-видимому, рубка никогда не проводилась, и насаждения, вероятно, возникли после опустошительного пожара или другого стихийного бедствия.

Наблюдения проводились в спелых насаждениях сосняка брусничного (*Pinetum vacciniosum*), который является наиболее распространенным типом леса. Он обычно занимает вершины гряд, сложенных галечными песками. Почва — маломощный иллювиально-железистый подзол, со слабо выраженным горизонтом  $A_2$ . Состав древостоя 10С ед. Б; в возрасте 120—170 лет сомкнутость крон 0,6—0,7; класс бонитета — IV. В редком подлеске можжевельник и рябина. В наземном покрове (с проективным покрытием, равным 70—80%) брусника — обильно, черника и вереск — умеренно. Единично встречаются луговик извилистый, ландыш, костяника, майник двулистный, золотая розга. Моховой покров обычно сплошной и состоит из *Pleurozium Schreberi* (Willd.) Mitt. и *Hylocomium splendens* (Hedw.).

Сравнительное изучение фенотипических особенностей деревьев в древостоях, различающихся своей историей, производилось путем определения некоторых доступных анализу таксационных показателей, в которых, по нашему мнению, могут проявляться результаты систематического отбора лучших деревьев, а именно: типа кроны, высоты, диаметра и коэффициента формы ствола. Для их определения закладывались пробные площади, на каждой из которых было не менее 200 деревьев сосны одного поколения с открытой вершиной (господствующую



Рис. 1. Узкокронная сосна (справа) среди ширококронных.

шая часть древостоя). Кроме обычного перечета деревьев по ступеням толщины, измерения высот и определения возраста древостоя, на пробных площадях производилась глазомерная оценка типа крон деревьев с открытой вершиной — узкокронный, переходный, ширококронный (рис. 1). В процессе перечета каждое пятое дерево из числа господствующих отмечалось особым знаком. У этих деревьев измерялись высота и диаметры на высоте 1,3 и 6,5 м (последний — шведской мерной вилкой). Всего было заложено 20 пробных площадей и проанализировано 886 деревьев.

Насаждения обеих групп одновозрастные (в пределах одного класса). Возраст древостоев, в которых в прошлом проводилась выборка, колебался от 120 до 150 лет (средний 138 лет), во второй группе — от 120 до 160 лет (средний 143 года). Однако необходимо отметить, что в насаждениях, происхождение которых связано с выборочными рубками, сохранились отдельные экземпляры сосны более старых поколений. Этим деревьям более трехсот лет, высота их — 16—18 м и диаметр до 80 см. В этих участках повсеместно встречаются также сухостойные деревья таких же размеров. Характерно, что все они косоствольные.

В табл. 1 приводятся обобщенные данные о соотношении господствующих деревьев разных типов крон в указанных двух группах насаждений.

Таблица 1

Происхождение насаждений	Число деревьев (%)					
	узкокронных		переходных		ширококронных	
	среднее	от ___ до	среднее	от ___ до	среднее	от ___ до
После выборочных рубок	13,1	8—17	33,9	23—40	53,0	46—68
После пожара или другого стихийного бедствия	28,3	21—37	46,3	34—56	25,4	15—43

Из табл. 1 видно, что в древостоях, сформировавшихся на участках, где в прошлом производилась систематическая выборка деревьев, преобладает ширококронная сосна. В древостоях, возникновение которых не связано с выборочными рубками, преобладает сосна переходного типа, а узкокронных деревьев значительно больше, чем в первой группе. Полнота древостоев в обеих группах примерно одинакова (0,70 и 0,72) и, следовательно, она не могла оказать существенного влияния на преобладание того или другого типа кроны.

В древостоях первой группы средний диаметр учетных деревьев на отдельных участках колеблется от 18 до 27 см (в среднем 22,3 см), в другой группе этот показатель несколько больше — 24,4 см (с колебаниями на отдельных пробах от 22 до 28 см). Средняя высота учетных деревьев в этих группах насаждений также различается: для первой она равна 18,2 м (с колебаниями от 16,2 до 20,5 м), для второй — 20,8 м (с колебаниями от 18,6 до 21,8 м).

Наблюдения показали, что деревья в древостоях, возникших после выборочных рубок, отличаются большей сбежистостью стволов. У господствующих деревьев коэффициент формы ствола\* в среднем

\* Здесь этот коэффициент определялся как отношение диаметра на высоте 6,5 м к диаметру на высоте груди.

равен 0,806 (с колебаниями по отдельным пробам от 0,773 до 0,837). В насаждениях же второй группы этот показатель значительно выше — в среднем 0,872 (с колебаниями от 0,850 до 0,900).

Таким образом, рассматриваемые группы сосняков при одном и том же составе, возрасте и полноте отличаются не только числом деревьев разных типов крон, но и другими таксационными показателями: средней высотой, диаметром и коэффициентом формы ствола господствующих деревьев. Вероятно, что это фенотипическое различие обусловлено не только влиянием внешних условий, но и генотипическим различием, возникшим в результате длительного отбора, проводившегося путем систематического удаления лучших деревьев и оставления худших.

---

Поступила в редакцию  
21 февраля 1962 г.

## ГНИЛИ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ

Э. Н. ФАЛАЛЕЕВ

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

А. В. КРАСИКОВА

Ассистент

(Сибирский технологический институт)

Пихта сибирская — одна из основных лесообразующих пород Сибири. Располагаются пихтовые леса в сравнительно доступных местах, где имеются все возможности для широкого вовлечения их в промышленную эксплуатацию. Несмотря на это, пороки древесины пихты до последнего времени изучены недостаточно, что затрудняет таксацию пихтовых древостоев и разработку ряда лесохозяйственных и лесоэксплуатационных мероприятий.

Основным пороком древесины пихты сибирской являются гнили, которыми она поражается в гораздо большей степени, чем другие хвойные породы. Это обусловлено особенностями анатомического строения, в первую очередь отсутствием смоляных ходов.

Пораженность и зараженность пихты гнилями мы исследовали на территории центральных районов Красноярского края, Кемеровской и Восточно-Казахстанской областей и Алтайского края, где расположены основные массивы лесов с преобладанием пихты сибирской. В сборе полевых материалов, помимо авторов, принимали участие студенты старших курсов лесохозяйственного факультета Сибирского технологического института. На пробных площадях было обмерено 12 870 деревьев пихты, у которых подсчитывалось число слоев на пне, устанавливался характер гнили и ее размеры.

Основными возбудителями гнили у пихты являются следующие виды грибов: *Fomes annosus* (Fr.) Cke, *Fomes Hartigii* Al., *Armillaria mellea* (Vahl.) Quel., *Polyporus Benzoinus* Fr. По наблюдениям В. П. Драверта и В. В. Попова [3] гниль у пихты в условиях Горной Шории вызывается также грибом *Polyporus Schweinitzii* Fr., а в бассейне р. Убы (Убинский лесхоз, Восточно-Казахстанская область (по данным П. А. Мишина) [6] — *Pholiota squarrosa* Karst., *Fomes pinicola* Fr. и *Polyporus triquetus* Secr.

Распространенность тех или иных грибных вредителей на пихте в различных географических районах неодинакова. Так на Алтае и западном склоне Кузнецкого Алатау гнили вызываются преимущественно корневой губкой и опенком. На севере Кемеровской области и в центральной части Красноярского края по распространенности на пихте первое место принадлежит трутовика Гартига.

В зависимости от географического района и условий местопроизрастания средняя зараженность пихтовых насаждений изменяется в

широких пределах (от 45 до 78%). В районах, где в теплое время года выпадает большее количество осадков, пихта заражается и поражается гнилями сильнее. Так на западном и северо-западном склонах Алтая (Залесовский лесхоз, Алтайского края и Лениногорский лесхоз, Восточно-Казахстанской области) зараженность пихты гнилями варьирует в среднем от 62,5 до 77,8%. На восточной окраине Западно-Сибирской низменности (Бирилюсский, Емельяновский и Козульский лесхозы, Красноярского края), где лето более сухое, гниль в пихтовых насаждениях встречается реже и составляет 45,0—49,2%. Значительной зараженностью (70,0—77,5%) отличается пихта сибирская, растущая в западной части своего ареала (Н. Г. Батуев [1], А. П. Гаврилов [4]). За пределами области естественного распространения — под Ленинградом (Лисинское учебно-опытное лесничество) по данным В. В. Матренинского [5] пихта сибирская в культурах, начиная с раннего возраста,

Край, область	Предприятие	Тип пихтового леса	Показатель	Единицы измерения	Величины	
					II	III
Красноярский	Бирилюсский, Козульский и Емельяновский лесхозы	Пойменный	а	%	4,3	9,1
			б	М	0,1	0,3
	в		%	0	0,3	
	Зеленомошник	а	%	5,9	13,1	
б		М	0,4	0,4		
в		%	0	5,7		
	Елисейский лесхоз и Казачинский леспромхоз	Зеленомошник	а	%	3,7	12,2
б			М	0,4	0,6	
в			%	0	1,3	
Кемеровская	Мариинский лесхоз	Разнотравный	а	%	30,8	37,9
			б	М	0,6	0,6
			в	%	0,4	2,4
	Барзасский лесхоз		Широкотравный	а	%	—
б		М		—	2,0	
в		%		—	4,7	
Анжеро-Судженский лесхоз	Широкотравный	а		%	1,0	12,6
		б	М	—	—	
		в	%	0	1,4	
Новокузнецкий		Пологих склонов	а	%	6,8	18,9
	б		М	—	—	
	в		%	0	3,1	
Алтайский	Залесовский лесхоз		Широкотравный	а	%	28,6
		б		М	1,0	1,6
		в		%	0,6	6,0
Восточно-Казахстанский	Лениногорский лесхоз	Разнотравный		а	%	16,6
			б	М	0,1	0,6
			в	%	1,4	5,7

Примечание. Показатели обозначены буквами: а — зараженность деревь-

поражается сердцевинными гнилями, и ее нельзя там воспитать в здоровом состоянии даже до 50—60 лет.

В пределах одного и того же природного района наблюдается различная встречаемость гнилей на пихте, например, в центральных районах Красноярского края в пихтарниках пойменных — 45,0%, в зеленомошниках — 54,1%. Имеется четко выраженная зависимость между возрастом деревьев, их зараженностью и пораженностью гнилями (табл. 1). Экземпляры пихты в молодом возрасте заражаются гнилями незначительно, в то же время зрелые деревья, начиная с возраста 120—140 лет, бывают заражены почти сплошь. С возрастом деревьев закономерно увеличиваются диаметр гнили и высота ее распространения, которые достигают максимума у перестойных деревьев. К такому же выводу пришел А. И. Блажек [2], исследовавший напеленные гнили пихты в Аламбайском лесхозе (северная часть Салаирского края).

Таблица 1

показателей по двадцатилетним классам возраста

IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
35,3 0,4 1,1	41,2 0,7 2,0	45,0 0,9 2,6	51,4 1,1 3,4	50,0 1,5 4,3	42,8 1,8 4,3	100 2,1 10,7	— — —	— — —
28,7 0,8 2,4	36,0 0,9 2,3	46,5 1,2 3,4	61,5 1,3 4,7	72,7 1,2 5,0	84,5 1,6 7,4	100 2,0 10,4	100 2,3 11,5	— — —
20,1 0,7 1,2	50,0 0,6 2,1	52,7 1,5 5,4	56,5 1,2 4,0	70,2 1,3 5,1	92,4 1,4 7,0	100 1,5 7,9	100 1,3 15,3	100 2,8 18,7
45,5 0,7 2,7	47,8 0,8 2,7	57,0 1,3 4,5	70,0 1,5 6,1	83,3 1,7 8,1	— — —	— — —	— — —	— — —
35,0 2,3 6,7	54,7 3,2 8,2	74,9 3,9 18,1	79,4 4,2 19,9	91,6 4,5 23,6	— — —	— — —	— — —	— — —
45,8 — 4,3	67,5 — 5,3	72,7 — 5,4	87,7 — 7,7	87,5 — 12,0	— — —	— — —	— — —	— — —
30,1 — 5,3	51,4 — 10,1	70,7 — 14,0	84,3 — 18,5	90,2 — 22,2	100 — 24,7	— — —	— — —	— — —
57,3 2,1 10,1	77,8 2,4 13,3	82,7 2,9 14,8	100 3,4 20,2	100 5,1 29,1	— — —	— — —	— — —	— — —
38,6 1,2 9,9	54,4 1,3 14,4	68,3 2,5 18,3	77,4 2,8 22,1	89,0 3,4 25,8	96,0 3,8 29,9	100 4,4 —	— — —	— — —

ев; б — высота распространения гнили; в — потеря деловой древесины.

Стволовые гнили у пихты встречаются редко, вызываются они, в основном, трутовиком Гартига. Количество деревьев со стволовыми гнилями, по исследованиям в Бирилюсском, Красноярском, Даурском, Емельяновском, Больше-Муртинском и Козульском лесхозах Красноярского края на отдельных участках не превышает 1,5%. Определенной зависимости между возрастом деревьев и зараженностью их стволовыми гнилями не обнаружено.

Гнили у пихты, поражая наиболее ценную крупномерную комлевую часть древесного ствола, имеющую к тому же сравнительно небольшое количество сучьев, наносят ощутимый вред лесному хозяйству. При разработке лесосек комли поврежденных деревьев длиной 1—2 м и даже более отпиливаются и бросаются на складах, реже они используются как дрова. В результате из-за снижения ликвидного запаса древесины на единице площади себестоимость заготовленной лесопродукции возрастает.

Потери деловой древесины вследствие повреждения грибными болезнями достигают в ряде случаев значительной величины, и они тем больше, чем старше деревья (табл. 1). Особенно большой величины эти потери достигают в южных районах Сибири — на Алтае и Кузнецком Алатау.

Кроме того, гнили у пихты понижают механическую устойчивость деревьев против ветра и способствуют образованию бурелома.

Непосредственная борьба с грибными болезнями на всей площади, занятой пихтовыми лесами, при современном уровне техники экономически не оправдывает себя. Между тем, вред от них может быть существенно снижен, в первую очередь за счет правильного обоснования возраста главной рубки отдельно по каждому природному району, а при необходимости (в пределах их) — по группам типов леса. Так, например, если для центра Красноярского края и северной части Кемеровской области возраст главной рубки установить в V классе, то это в конечном итоге приведет к большим потерям деловой древесины (2,0—5,3%). Этот же возраст для юга Кемеровской области, Алтайского края и Восточно-Казахстанской области не приемлем, так как повлечет за собой потери деловой древесины до 14,4%. Главная рубка в этих районах должна проводиться в насаждениях IV класса возраста.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Г. Батуев. Краткий очерк Колвинского лесничества (Пермской губернии). «Лесной журнал», вып. III, 1902.
- [2]. А. И. Блажко. Напенная гниль пихты сибирской в Алтайских лесах. Журн. «Лесное хозяйство» № 12, 1950.
- [3]. В. П. Драверт. Комлевые гнили пихты в Горной Шории. Красноярск, 1938.
- [4]. А. П. Гаврилов. Влияние грибных заболеваний на выход деловой древесины и возраст спелости в типе леса пихтач кочедыжниковый. Журн. «Лесное хозяйство» № 11, 1958.
- [5]. В. В. Матренинский. Современное и прошлое состояние старых лиственничных и пихтовых посадок в Лисинском учебно-опытном лесничестве. Сб. «Природа и хозяйство учебно-опытных лесничеств Ленинградского Лесного института». М., 1928.
- [6]. П. А. Мишин. О снижении возраста рубки для пихты сибирской (*Abies sibirica*) в связи с зараженностью ее гнилями, вызываемыми грибами. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1959.

## К ВОПРОСУ О СТЕПЕНИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ПОЖАРАМИ ОТДЕЛЬНЫХ ТИПОВ ДУБОВЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ

**Н. А. ПОПОВ**

Кандидат биологических наук

(Дальневосточный филиал СО АН СССР)

Дубовые леса в Южном Приморье занимают около половины всех лесопокрытых площадей. Они распространены в наиболее обжитых районах с густой сетью железных и шоссейных дорог, поэтому наиболее часто повреждаются низовыми пожарами (палами).

Степень пожарной опасности зависит не только от географического положения участка и наличия источников огня, что, по мнению многих авторов, является основным определяющим моментом [2], [3], [4], [5], [7], но и от наличия, качества и количества горючего материала, а также топографического положения данного насаждения.

Основным горючим материалом в дубовых лесах (дуб монгольский) является лиственной опад, засохшая трава и кустарниковый полог до и после вегетации. В связи с различиями в напочвенном покрове и нижних ярусах растительности каждому отдельному типу леса соответствует свой вид низового пожара.

В рододендроновых и марьянниковых дубняках покров, состоящий из мелких осочек, злаков, сухолюбивого разнотравья и лишайников, воспламеняется очень легко. Но вследствие разомкнутого травяного и кустарникового покровов, большой скорости ветра на открытых местоположениях пожары распространяются неравномерно, высота пламени обычно бывает незначительна. После такого быстротечного пожара на площади остаются единичные живые экземпляры крупного подроста и отдельные кусты подлеска. Процент обожженных стволов невелик, а высота повреждения не превышает 0,5 м. В рододендроновых дубняках с кедром и сосной могильной интенсивность огня выше, так как там, наряду с листовым, есть опад трудноразлагающейся смолистой хвои. Пожаром уничтожается хвойный самосев. Взрослые деревья кедра и сосны могильной и их крупный подрост устойчивы против беглых пожаров [1].

Леспедецевым дубнякам присущ более густой покров и подлесок, в них скапливаются более значительные количества листового опада, поэтому и интенсивность огня в этом типе леса более высокая. Сухие ветви леспедецы, непадающие листья лещины разнолистной способствуют увеличению высоты пламени и распространению пожаров большой силы. Пробная площадь, заложенная в леспедецевом дубняке (табл. 1), показывает, что пожаром повреждается значительное ко-

Таблица 1

№ пробных площадей	Тип леса	Количество моделей	Возраст моделей, лет	Годы повреждения пожарами (по подсушинам)	Количество поврежденных стволов, %	Количество стволов с высотой повреждения, м				
						0	0,5	1,3	1,5	3,0
4—56	Дубняк леспедцевый	22	35—79	1883, 1893 1901, 1908 1912, 1917 1931, 1935 1944, 1950	31,8	7	1	1	—	—
11—56	Дубняк осочковый с кедром	11	58—84	1889, 1892 1919, 1924, 1946	72,7	8	2	—	—	—
1—56	Дубняк лещинно-леспедцевый	28	35—85	1893, 1908, 1912, 1916, 1917, 1921, 1923, 1925, 1938, 1942 1950	75,0	21	1	1	—	—
3—56	Дубняк леспедцевый с осмундой	24	46—116	1885, 1889, 1899, 1903, 1914, 1915, 1916, 1920, 1923, 1925, 1926, 1931, 1935, 1938, 1936, 1953,	100,0	24	3	4	6	1

личество стволов дуба. Высота подсушин только в отдельных случаях превышает 1 м. В дубняке осочковом с кедром, также входящем в группу сухих дубняков, процент обожженных стволов повышается, но высота распространения повреждений также незначительна.

С повышением влажности условий местопроизрастания увеличивается количество трудновоспламеняющихся видов в составе подроста и подлеска (папоротники, полыни, лабазник, лещина и т. п.), в связи с чем снижается степень пожарной опасности. Наряду с этим, наличие очень большого количества горючих материалов и закрытые местоположения способствуют развитию пожаров значительной силы.

В дубняке лещинно-леспедцевом  $\frac{3}{4}$  стволов дуба повреждены огнем (табл. 1), а в дубняке леспедцевом с осмундой все обследованные деревья оказались с подсушинами. Высота распространения пожарных подсушин также увеличивается по мере повышения влажности условий местообитаний. Из сказанного следует, что интенсивность пожаров и, следовательно, степень повреждения пожарами древостоев повышается с увеличением влажности условий местопроизрастания.

По степени пожарной опасности А. М. Стародумов [7] выделил дубовые леса по южным склонам и порослевые древесно-кустарниковые заросли с участием дуба в первый класс — высокая пожарная опасность. Он же [6] писал, что «дубняки, по сравнению с насаждениями других лиственных пород, характеризуются наибольшей пожарной опасностью» (стр. 5), что обусловлено большей сухостью их местообитаний.

По принципу возможности возникновения лесных пожаров А. М. Стародумов [5] отнес все Южное Приморье к зоне высокой пожарной опасности и выделил районы: 1) Майхинско-Лефинский; 2) Посъетско-Суйфуно-Ханкайский и 3) Шкотовско-Сучанский. Хотя А. М. Стародумов [6] считает, что различные типы дубовых лесов незначительно отличаются друг от друга по загораемости, мы находим возможным разбить предложенный им класс на два подкласса: А — очень высокая пожарная опасность и Б — высокая пожарная опасность. Кроме того, необходимо учитывать состояние растительности на классифицируемых участках. (В период вегетации возможность пожаров понижается).

К подклассу А мы относим следующие типы дубняков и их климатические варианты: рододендроновый с березой Шмидта, с сосной могильной, с кедром; леспедецево-марьянниковый, осочковый с кедром, леспедецевый и лещинно-леспедецевый. Сюда же относятся все древесно-кустарниковые заросли с участием дуба.

В подкласс Б входят леспедецевый с осмундой, разнокустарниковый с грабом и придолинный папоротниковый.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Коркешко. К биологии сосны могильной. Вестник ДВФ АН СССР, № 14, 1935. [2]. И. С. Мелехов. Лесные пожары и борьба с ними. Изд. 4, Гослестехиздат, М., 1936. [3]. И. С. Мелехов. Сезоны лесных пожаров и построение географической схемы лесопожарных поясов. Сборник научно-исследовательских работ АЛТИ, вып. 8, Архангельск, 1946. [4]. И. С. Мелехов. Природа лесных пожаров. Архангельск, 1947. [5]. А. М. Стародумов. Опыт лесопожарного районирования на Дальнем Востоке. «Лесное хозяйство» № 8, 1956. [6]. А. М. Стародумов. К вопросу о лесных пожарах в кедрово-широколиственных лесах Дальнего Востока. Бюллетень научно-технической информации, 2, ДальНИИЛХ, Хабаровск, 1957. [7]. А. М. Стародумов. К вопросу о классификации насаждений по степени пожарной опасности. Бюллетень технической информации, ДальНИИЛХ, 2, Хабаровск, 1957.

Поступила в редакцию  
8 мая 1961 г.

## ОПЫТ ИЗВЕСТКОВАНИЯ КИСЛЫХ ПОЧВ В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

**П. И. УШАКОВ**

Старший преподаватель

(Московский лесотехнический институт)

Среди мероприятий по повышению продуктивности лесов немаловажную роль может и должно играть улучшение плодородия почвы путем известкования.

В лесном хозяйстве дореволюционной России вопросами повышения плодородия почв почти не занимались. Единственным и самым длительным является опыт, заложенный проф. Н. С. Нестеровым (1906 г.) в культурах сосны и ели различного возраста с внесением извести и других удобрений.

Этот опыт в 1915 г. был исследован Нестеренко, причем установлено, что внесение извести в количестве 3,22 т на 1 га способствовало выращиванию деревьев с высоко поднятой кроной и с большим количеством живых сучьев. Известкование также привело к появлению большого количества сопутствующих пород, а самоизреживание задерживалось. Улучшился рост сосны в высоту и прирост по диаметру.

В 1946—1948 гг. В. И. Климовым в этих же культурах изучено влияние длительного действия извести на свойства почвы и рост насаждений. Результаты этих исследований привели автора к выводу, что на рост сосны известкование не влияет. Такое заключение можно признать правильным лишь в том случае, если рассматривать рост насаждений за весь период от момента внесения извести (1910—1913 гг.) до исследования (1946—1948 гг.), то есть за 35—36 лет. Если же эти данные анализировать по периодам роста культур, то нельзя не заметить положительного влияния извести и на рост сосны.

В данном случае для удобства сравнения с нашим опытом мы взяли опыт, заложенный в кв. № 4 — пробные площади Ц и Х, которые представляют собой культуры сосны посадки 1886 и 1883 гг.

Почва легкосуглинистая сильно оподзоленная среднезадернелая. Пробная площадь Х контрольная. На пробу Ц известь вносилась в два срока: 1,8 т в 1910 г. и 1,8 т в 1913 г., всего 3,6 т. Кислотность почвы перед известкованием не определялась.

Анализ цифровых данных по этим пробным площадям показывает, что средний и текущий приросты по объему, а также процент текущего прироста, начиная с 5—8 лет после внесения извести и до возраста 30 лет, были заметно выше на известкованных почвах по сравнению с контролем (табл. 1).

Таблица 1

Возраст культур, лет	Литеры пробной площади	Приросты по объему, $\text{дм}^3$		Процент текущего прироста
		средний	текущий	
15	X	0,35	0,91	15,47
	Ц	0,56	1,37	27,89
20	X	0,72	1,84	18,77
	Ц	1,00	2,32	16,37
25	X	1,20	3,09	13,97
	Ц	1,33	2,85	16,37
30	X	1,70	4,23	13,47
	Ц	2,08	5,71	10,75

В дальнейшем разницы сглаживаются.

Учитывая, что в данном опыте известкование почв производилось при неизвестной кислотности, а известь вносилась в два срока, можно полагать, что улучшение роста могло быть неполным. Однако следует отметить, что и в данном случае положительное действие извести на рост сосны очевидно.

Для разработки норм внесения извести на кислых почвах с целью улучшения плодородия почв и роста культур сосны обыкновенной, автором статьи под руководством зав. кафедрой доц. С. С. Лисина при участии сотрудников кафедры почвоведения проведен специальный опыт.

Методикой проведения опыта предусматривалось определение кислотности почвы и установление нормы известкования с учетом содержания в извести  $\text{CaO}$ , определения изменения кислотности почвы на почвах известкованных и контрольных и изменения основных таксационных показателей культур сосны обыкновенной (высоты, диаметра и запаса и приростов по этим элементам).

Опыт проводился в культурах сосны обыкновенной, произведенных методами посева (опытный участок № 6) и способом посадки (опытный участок № 7). Возраст культур в начале опыта был 16 лет, в конце опыта — 21 год.

Опытный участок № 6 заложен в типе условий местопроизрастания — свежая суборь. Почва — слабоподзолистая легкосуглинистая пылевая на моренной супеси. Задернения почвы нет.

Опытный участок № 7 заложен в культурах сосны обыкновенной, произведенных способом посадки. Тип условий местопроизрастания — свежая суборь. Почва — слабоподзолистая среднесуглинистая на флювиогляциальных песках.

Посадка культур произведена двухлетними сеянцами в плужные борозды под меч Колесова.

Уходы за почвой в культурах производились лишь в первые три года после посадки и заключались в полке сорняков и рыхлении почвы мотыгами.

В последующие годы до смыкания крон в культурах, в качестве меры ухода проводилось выкашивание травы в междурядьях.

Перед известкованием каждый участок был разделен на шесть пробных площадей равной величины. Опыт заложен с двойной повторностью.

На двух пробных площадях почва известкована из расчета внесения полной нормы, обеспечивающей приблизительно нормальную реакцию в почве; на двух пробных площадях известь внесена в половин-

ном размере и две пробные площади оставлены контрольными. Норма внесения извести устанавливалась в соответствии с кислотностью почвы и содержанием в извести СаО.

В начале опыта гидролитическая кислотность почвы на участке № 6 была равна 5,3, а на участке № 7 — 5,6 *мк-экв* на 100 г почвы; вносимая известь содержала 72,4% СаО.

Исходя из этого, полная норма внесения извести на гектар в первом случае определялась равной 5,74 т, во втором — 7,42 т. Известь вносили путем разбрасывания вручную с последующим рыхлением почвы мотыгами на глубину 4—6 см.

По истечении пяти лет по той же методике были произведены повторные анализ почвы и исследование культур.

Результаты этих исследований в сопоставлении с данными исследований, произведенных в начале опыта, приводятся в табл. 2.

№ участка	Норма известкования почвы	Гидролитическая кислотность почвы		Средняя высота, м	
		в начале опыта	через 5 лет	в начале опыта	через 5 лет
6	Полная	5,4	3,3	6,0	10,0
	Половинная	5,2	3,8	6,0	11,5
	Контроль	5,4	5,3	7,0	10,5
7	Полная	6,2	4,1	8,0	9,5
	Половинная	6,3	4,9	7,0	9,9
	Контроль	5,6	5,9	7,5	9,3

Из данных таблицы видно, что гидролитическая кислотность почвы за период проведения опыта снизилась при полной норме известкования с 5,4 до 3,3, а при половинной норме с 5,2 до 3,8. На известкованных почвах (контроль) кислотность почвы практически не изменилась.

Рост сосны при половинной норме извести идет значительно успешнее, чем на контроле.

Таким образом, культуры сосны обыкновенной, произрастающие на кислых почвах, в результате известкования значительно улучшили рост и производительность. Культуры, созданные посевом, растут успешнее, и насаждения в этом случае более производительны. Культуры же, произведенные методом посадки, оказались менее производительными. Результаты проведенного опыта позволяют рекомендовать производству способы и нормы внесения извести в зависимости от степени кислотности почв и содержания окиси кальция в удобрении. Вносить удобрения можно как при производстве культур, так и после.

Внесение известковых удобрений следует производить путем равномерного разбрасывания или рассеивания их по поверхности почвы с последующим рыхлением ее на глубину 4—6 см. Разбрасывание может производиться вручную, а также при помощи сеялки «самосев» или другого подобного приспособления. Заделка удобрений также производится вручную или какими-либо рыхлящими орудиями конной или механической тяги.

Нами установлен также экономический эффект известкования кислых почв. В основу расчета были положены затраты по проведению известкования и стоимость извести с учетом ее эффективного действия в течение 15 лет. Расчет произведен для половинной нормы.

Как известно, положительное влияние извести по истечении двух-трех лет после внесения увеличивается, а затем с 8—10 лет начинает ослабевать. Исходя из этого, при установлении экономической эффективности нами принят периодический прирост по запасу за первые пять лет, как средний за период действия извести, и только в той части, которая образовалась за счет известкования, то есть с исключением прироста за этот же срок, образовавшегося на контрольных площадях. Полученный объем прироста оценен по существующим попенным таксам как мелкая деловая древесина, а затраты на производство работ определены по действующим тарифным разрядам и ставкам.

Экономическая эффективность известкования почв за период действия извести (15 лет) на одном гектаре культур сосны в возрасте 15—20 лет, при выполнении работ по известкованию вручную с учетом стоимости извести, составляет 323,4 руб., а в 1 год — 21,5 руб.

Таблица 2

Процент текущего прироста по высоте	Средний диаметр, см		Процент текущего прироста по диаметру	Запас, м <sup>3</sup> на 1 га		Текущий прирост по запасу на 1 га, м <sup>3</sup>	Процент текущего прироста по запасу
	в начале опыта	через 5 лет		в начале опыта	через 5 лет		
10,0	5,0	6,0	3,6	84,0	158,0	14,8	12,2
12,5	6,0	8,0	5,7	70,0	184,0	22,8	17,9
8,0	6,0	7,0	3,0	96,0	158,0	12,4	9,7
3,4	7,0	10,0	7,0	66,5	158,0	18,3	14,9
6,9	7,0	10,0	7,0	38,8	105,6	13,6	18,5
4,2	7,0	8,0	2,6	59,6	87,6	5,6	7,6

При выполнении работ по известкованию с применением конных орудий, включая также и стоимость извести, экономическая эффективность соответственно равна 344,5 руб. на 1 га за весь срок действия извести, а в год 24,9 руб.

Поступила в редакцию  
25 декабря 1961 г.

## О РОСТЕ МОЛОДНЯКА ЕЛИ ПОД ПОЛОГОМ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

А. В. АФАНАСЬЕВ

Старший научный сотрудник

(Костромская лесная опытная станция)

Наши исследования проводились в 1958—1959 гг. в Шарьинском районе Костромской области. Пробные площади закладывались в мягколиственных молодняках в двух наиболее распространенных типах леса — ельнике-черничнике и ельнике кислично-липняковом — с учетом возраста (три возрастные группы: 1—7, 8—15 и 16—21 год), однородности условий среды и происхождения. Соблюдалась трехкратная повторность. Всего заложено 18 пробных площадей ленточной формы размером от 0,01 до 0,05 га (700—1000 жизнеспособных деревьев).

В целях изучения особенностей роста ели взято и обработано 300 модельных деревцев от 5 до 50 лет, находящихся под пологом молодняков, а также 35-летнего березового и 140-летнего елового насаждений различной сомкнутости (от 0,3 до 1,0). Освещенность на пробах измерялась люксметром.

Результаты работы даны в табл. 1.

По нашим данным, ель, находящаяся под пологом 5-, 7- и 9-летних молодняков, продолжает ежегодно увеличивать прирост в высоту даже при сомкнутости полога 0,9—1,0 (в куртинах), где освещенность равна 4—8 тыс. лк или 5—10% от полной.

Под пологом 15—20-летних молодняков ель из подседа, достигшая 8—9 лет, замедляет прирост при сомкнутости полога от 0,6 и выше (освещенность от 2,0—2,5 тыс. лк или 3—4% от полной и ниже); ель из подроста не снижает прироста при сомкнутости до 0,8 (освещенность под пологом не ниже 1,5 тыс. лк или 2% от полной).

В более редких древостоях (0,3—0,4) ель прирастает значительно лучше. Исходя из этого, при проведении рубок ухода в мягколиственных молодняках можно рекомендовать выборку 70% основного полога (в 2—3 приема). П. В. Алексеев [1], основываясь на данных Д. М. Кравчинского и собственных, указывает, что выборка 30% малоэффективна для ускорения роста ели.

Проведение верховых рубок ухода в мягколиственных насаждениях, возобновившихся елью, рекомендует и Ф. Н. Турицын, посвятивший много работ восстановлению еловых лесов.

Определенная зависимость между сомкнутостью полога и приростом ели из подседа прослеживается уже с пяти лет. С возрастом она становится более явной, что объясняется, во-первых, резким различием освещенности под пологом 5—9-летних (в среднем 8—12 тыс. лк или

10—15% от полной) и 15—20-летних насаждений (1—2 тыс. лк или 1—3% от полной) и, во-вторых, малой требовательностью к свету ели в первые годы ее жизни (примерно, до 8 лет).

Ель из подростка оказывается в более выгодных условиях. В первые годы существования на лесосеке, вплоть до смыкания полога, ель подвергается значительному воздействию солнечного света, что положительно сказывается на ее последующем росте и развитии. Этот факт мы склонны объяснить не только большей массой елового молодняка, но и теми качественными изменениями, которым он подвергался на вырубках, что позволяет ему в дальнейшем лучше переносить сравнительно сильное затенение. Поскольку специальных исследований по этому вопросу нами не проводилось, то в доказательство изложенного мы можем лишь сослаться на работы А. П. Родионова [5], П. В. Алексеева [1], П. В. Воропанова [2], [3], В. Г. Нестерова [4] и др., в которых довольно убедительно показана тесная зависимость качественных изменений древесных растений от условий среды.

Недостаток света под сомкнувшимся лиственным пологом приводит еще и к тому, что хвоя, появившаяся в лучших условиях освещения, ежегодно перестраивается, приспособляясь, по мере смыкания полога, к новым световым условиям.

Сомкнутость мягколиственных молодняков наиболее интенсивно изменяется до 15-летнего возраста. Анализ хода роста моделей ели показал, что в 15—16-летних молодняках прирост ели в высоту довольно резко замедляется как у подседа (кроме 8—9-летнего), так и у подростка всех возрастов.

При высокой сомкнутости интенсивное падение прироста наблюдается раньше. Из наших данных следует, что рубки ухода необходимо проводить не позднее 15—16 лет с момента рубки лесосеки, но не менее 10 лет.

Рост и развитие ели во многом определяются почвенно-грунтовыми условиями. По нашим данным, в черничном типе леса, почва в котором сравнительно холоднее, отрицательное влияние сомкнувшегося полога, выражающееся в понижении температуры почвы и воздуха, сказывается на росте и развитии ели сильнее, чем в кислично-липняковом типе.

У ели, произрастающей в неблагоприятных почвенно-грунтовых условиях, замедления прироста почти не наблюдается. Отмечены случаи даже некоторого увеличения его, по мере смыкания полога, у елочек, приуроченных к микропонижениям на слабо дренированных почвах. Этот факт, вероятно, объясняется улучшением почвенно-грунтового питания в связи с разрастанием далеко в стороны корневых систем (недостаток света частично компенсируется лучшим почвенно-грунтовым питанием).

Прирост ели под пологом средневозрастных мягколиственных и перестойных еловых насаждений имеет свои особенности.

Модельные деревья ели брали под пологом 35-летнего березового насаждения I класса бонитета с полнотой 0,9 в ельнике липняковом и под пологом 140-летнего елового древостоя с полнотой 0,8 — в ельнике хисличнике.

Анализ хода роста ели под пологом 35-летнего березняка показывает, что в первые годы после рубки прирост ежегодно увеличивался, после смыкания полога понижался, а в последние 10 лет снова возрастал, что связано, вероятно, с улучшением освещенности под пологом вследствие уменьшения листовой массы, увеличения высоты насаждения и изреживания его с возрастом. Ель более позднего происхождения прирастала сравнительно слабо, однако в последние годы она несколько

ускорила рост, по-видимому, также в связи с улучшением освещенности под пологом. Однако под пологом 20-летних молодняков ель растет лучше.

Под пологом перестойного елового древостоя ель прирастает в 2—5 раз медленнее, чем на вырубке и в мягколиственных молодняках. Основными причинами этого считаются неблагоприятные почвенно-грунтовые условия, недостаточная освещенность, пониженная температура почвы и воздуха.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. В. Алексеев. Автореферат кандидатской диссертации. М., 1952. [2]. П. В. Воропанов. Управление ростом и развитием деревьев. 1954. [3]. П. В. Воропанов. Результаты применения в ельниках рубок, основанных на мичуринском учении. 1956. [4]. В. Г. Нестеров. О росте и развитии деревьев. Научные труды МЛТИ, вып. 5, 1957. [5]. А. П. Родионов. Изучение стадии яровизации у древесных растений. Киев, 1952.

Поступила в редакцию  
8 мая 1961 г.

## О ВЛИЯНИИ НАЧАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ НА СОРТИМЕНТНУЮ СТРУКТУРУ И ВОЗРАСТ ТЕХНИЧЕСКОЙ СПЕЛОСТИ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

**В. Ф. ЛЕБКОВ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Институт леса и древесины СО АН СССР)

Многие лесоводы (Г. Р. Эйтинген, П. С. Кондратьев, Н. П. Чардымов, Н. П. Георгиевский, В. П. Тимофеев и др.) своими исследованиями показали, что начальная густота древостоя накладывает отпечаток на ход роста насаждения в течение всей его жизни. В последних работах по этому вопросу [1], [3] указывается на различия в общей продуктивности древостоев неодинаковой начальной густоты и скороспелость редких смолоду древостоев. В этих и других работах продуктивность рассматривается, в основном, с количественной стороны, а выводы о скороспелости более редких древостоев носят общий характер.

Настоящая статья имеет целью охарактеризовать качественную сторону продуктивности леса — сортиментную структуру приспевающих и спелых сосновых высокопроизводительных древостоев в зависимости от начальной густоты и с помощью регулирования последней решить, насколько возможно, вопрос о предельной величине снижения возраста технической спелости.

Для этой цели нами подобрано несколько участков, созданных посадкой культур сосны III—V классов возраста с начальной густотой от 500 до 16 600 шт., в которых заложены пробные площади\*. На пробных площадях произведены перечет, обмер высот, рубка по группам с равным числом моделей (10—12), разделка их на сортименты по действующим ГОСТам и полный анализ по двухметровым отрубкам хода роста всех срубленных стволов. В результате обработки получены данные о выходе сортиментов по классам крупности и сортности, и по методу В. К. Захарова [2]\*\* восстановлен ход роста древостоев по диаметру и высоте за весь прошлый период. Начальная густота древостоя определялась в натуре достаточно точно, так как в культурах до сих пор заметны ряды в двух взаимно перпендикулярных направлениях и ямки на местах выпавших стволов.

Основные таксационные показатели древостоев на пробных площадях приводятся в табл. 1.

\* Пробные площади № 1—6 заложены в Горельском лесхозе Тамбовской области, № 7 — в Верхне-Мокшанском лесхозе Пензенской области.

\*\* Средняя высота для каждого десятилетия определялась не арифметическим путем, а снималась с графика высот, построенного для каждого десятилетия.

№ пробных площадей	Местонахождение	Площадь, га	Размещение посадочных мест, м	Начальная густота, шт.	Возраст культур, лет
6	Тамбовская обл., Горельский лесхоз, Галдымское лесничество, квартал 36 . . .	0,13	1,10 × 0,55	16600	45
5	Там же, квартал 40 . . . . .	0,51	1,25 × 0,65	12400	45
4	Там же, квартал 49 . . . . .	0,54	1,0 × 1,0	10000	58
7	Пензенская обл., Верхне-Мокшанский лесхоз, Долгоруковское лесничество, квартал 98 . . . . .	0,80	4,5 × 4,4	500	61
3	Тамбовская обл., Горельский лесхоз, Галдымское лесничество, квартал 48 . . .	0,56	1,3 × 1,1	7000	73
1	Там же, Хмелинское лесничество, квартал 176 . . . . .	0,60	1,7 × 1,6	3700	86
2	Там же, квартал 162 . . . . .	0,89	2,8 × 2,8	1280	89

Примечание. На пробных площадях № 2 и 4 модельных деревьев

Древостой на всех пробах — чистые сосновые одноярусные, относятся к 1а классу бонитета. Пробные площади № 1—6 расположены на верхних террасах р. Цны, на довольно богатых гумусированных слабо оподзоленных супесчаных свежих почвах и принадлежат к зеленомошниковой серии типов леса. В редком подросте — дуб, ильм, в подлеске средней густоты — липа, рябина, крушина, раkitник, клен татарский. Напочвенный покров представлен зелеными мхами, майником, грушанкой, злаками. На пробной площади № 6 подрост, подлесок и напочвенный покров отсутствуют в связи с высокой полнотой древостоя. Проба № 7 располагается на богатых темно-серых лесостепных суглинках, в типе условий местообитания — свежая нагорная дубрава. В густом подросе — ясень, дуб, клен остролистный, береза, в подлеске — лещина, липа, бересклет бородавчатый. Напочвенный покров слагается из представителей дубравных лесов, в «окнах» — пятна зеленых мхов.

Полнота насаждений довольно высокая — 0,7—1,0, сомкнутость равномерная. Древостой на пробной площади № 5 в 8-летнем возрасте был поврежден пожаром, о чем говорят следы на 4 из 10 модельных деревьев.

Все сравниваемые участки близки между собой по производительности почв. Данные табл. 2 о ходе роста древостоев в высоту подтвер-

Таблица 2

Возраст, лет	Средний диаметр (без коры), см на пробных площадях					Средняя высота, м на пробных площадях				
	№ 7	№ 1	№ 3	№ 5	№ 6	№ 7	№ 1	№ 3	№ 5	№ 6
10	7,5	7,2	6,2	4,2	4,5	4,1	4,5	3,9	3,1	4,3
20	18,5	13,0	12,5	11,6	8,5	10,1	9,8	10,0	8,9	10,4
30	23,0	16,8	15,5	15,0	10,5	16,0	16,1	15,3	14,5	14,8
40	25,6	20,7	17,8	18,0	12,4	20,2	20,6	19,5	19,4	18,6
45	—	—	—	19,2	13,2	—	—	—	21,9	20,6
50	28,3	23,4	20,5	—	—	23,8	23,8	23,4	—	—
60	30,3	25,6	22,5	—	—	25,9	26,8	25,7	—	—
61	30,5	—	—	—	—	26,1	—	—	—	—
70	—	28,0	24,9	—	—	—	29,0	28,6	—	—
73	—	—	25,5	—	—	—	—	29,3	—	—
80	—	29,8	—	—	—	—	30,5	—	—	—
86	—	30,6	—	—	—	—	31,1	—	—	—

Таблица 1

Сохранилось стволы		Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup>	Полнота	Запас, м <sup>3</sup>		Коэффициент формы $q_1$	Видовое число $f$
шт.	% от высаженных					в коре	без коры		
2277	13,7	19,7	15,4	42,6	0,99	440	391	0,70	0,524
776	6,3	20,1	22,1	30,0	0,70	311	281	0,68	0,517
750	7,5	25,2	24,5	35,2	0,74	402	351	—	—
425	85,0	25,9	32,7	35,6	0,74	419	388	0,67	0,455
676	9,7	29,3	29,1	44,8	0,89	580	525	0,66	0,441
456	12,3	31,5	34,7	41,4	0,79	569	521	0,66	0,437
430	33,6	31,0	34,9	41,3	0,79	593	521	—	—

не рубили.

ждут однородность лесорастительных условий. После 20-летнего возраста отклонения кривых высот от среднего значения не превышают  $\pm 5\%$ . Из табл. 1 и 2 видно, что с повышением начальной густоты древостоя понижается процент сохранности культур в высоком возрасте и повышается число сохранившихся стволов в абсолютном выражении на 1 га. При посадке 500 шт. на 1 га к 1961 г. сохранилось 85,0% стволов, при густоте 10 000 шт. — только 7,5%. Резкие различия в густоте почти не сказались на ходе роста в высоту и, вопреки ожиданиям, на форме ствола. Наиболее заметно влияние густоты на ход роста древостоев по диаметру, который с увеличением последней закономерно снижается в одном и том же возрасте.

Несколько более высоким, чем следует, средним диаметром отличается древостой на пробной площади № 5, где густота была понижена прошедшим пожаром. Ход роста насаждений разной густоты по диаметру настолько различен, что рассматриваемые древостой можно отнести по меньшей мере к трем естественным рядам развития (при допустимых колебаниях диаметров внутри ряда  $\pm 10\%$ ).

На участках с низкой начальной густотой (проба № 7) наблюдалась худшая очищенность стволов от сучьев и большие размеры заросших и незаросших сучков в нижней, наиболее ценной трети ствола.

Эти особенности (разница в диаметре и сучковатости) привели к существенным различиям в распределении древесины по размеру и качеству, что отражено в табл. 3, из которой видно, что в редких смолоду древостоях выход крупной древесины в одном и том же возрасте гораздо больше, чем в густых (пробные площади № 4, 3 и 7, а также 6 и 5). Качественная оценка древесины, однако, выше в древостоях с большей начальной густотой. С увеличением густоты повышается выход пиловочника и его сортность. На пробной площади № 1 выход пиловочника на 8% выше, чем на пробе № 7. Средний балл сортности деловой древесины изменяется с увеличением начальной густоты так:

Начальная густота	Средний балл
500	II, 8
3700	II, 2
7000	I, 9

№ пробных площадей	Возраст, лет	Число сохранявшихся стволов	Средний диаметр древостоя, см	Крупная древесина (25 см и более)					Средняя древесина (18–24 см)				
				пиловочник			строительный лес	итого	пиловочник			строительный лес	итого
				I	II	III			I	II	III		
5	45	776	22,1	—	—	8	—	8	—	13	15	—	28
6	45	2277	15,4	—	—	—	—	—	—	13	—	—	13
4	58	750	24,5	—	—	—	—	13	—	—	—	—	13
7	61	425	32,7	—	2	38	4	44	—	2	28	2	32
3	73	676	29,1	15	14	—	—	29	2	26	3	—	31
1	86	456	34,7	12	23	13	—	48	4	11	15	—	30
2	89	430	34,9	—	—	—	—	50	—	—	—	—	24

Примечание. Выход сортиментов на пробных площадях № 2 и 4 опреде-

В сосняках Ia класса бонитета при густоте порядка 5 тыс. шт. на 1 га средняя оценка сортности — II,0.

В чересчур редких древостоях почти вся древесина оценивается третьим сортом.

Рассмотрим вопрос о влиянии густоты на возраст технической спелости и о возможной величине его снижения.

По исследованиям Института леса АН СССР и других учреждений\*, возраст технической спелости в сосняках Ia класса бонитета европейской части СССР при средней густоте наступает: при выращивании пиловочника и строительного леса диаметром 13 см и более — в

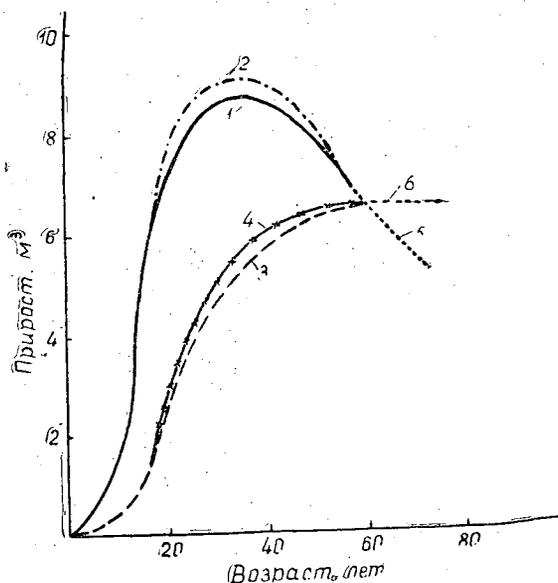


Рис. 1. Динамика среднего и текущего приростов по запасу древостоя на пробной площади № 7.

1 — текущий прирост без учета отпада; 2 — то же с учетом отпада (ориентировочным); 3 — средний прирост без учета отпада; 4 — то же с учетом отпада; 5 и 6 — предполагаемое изменение приростов в предстоящие 20 лет.

\* Экономические вопросы повышения продуктивности лесов, возрасты спелости и возрасты рубок. Сб. «Проблемы повышения продуктивности лесов», т. 4, Труды Института леса АН СССР, Гослесбуиздат, 1961.

Таблица 3

Средняя древесина (13— 7 см)						Мелкая древесина (12 см и менее)			Всего деловой древесины	Дрова и отходы	
пиловочник			строительный лес			итого	подтоварник и жерди				итого
I	II	III	I	II	III		II	III			
—	14	5	9	8	5	41	4	7	11	88	12
—	14	—	17	8	—	39	20	16	36	88	12
—	—	—	—	—	—	29	—	—	9	84	16
—	2	2	1	1	7	13	—	1	1	90	10
—	14	—	3	1	7	25	2	2	4	89	11
1	1	2	—	2	4	10	—	3	3	91	9
—	—	—	—	—	—	10	—	—	1	85	15

лен по сортиментным таблицам Ф. П. Моисеенко. I, II, III — классы сортности.

70 лет, 25 см и более — в 110 лет. Расчетов для размеров 19 см и более (I—II классы крупности) не дано; очевидно, возраст спелости для этой категории равен 80—90 годам.

Ничтожный отпад в течение жизни на пробной площади № 7 (не более 20 м<sup>3</sup>, или 5% общей производительности) позволяет определить с высокой точностью изменение текущего и среднего приростов насаждения в прошлом по запасу, а также дать прогноз на ближайшие 10—20 лет и ориентировочно констатировать момент наступления количественной и технической спелостей древостоя при минимально возможной начальной густоте — 500 стволов на 1 га.

На рис. 1 показана динамика текущего и среднего приростов по запасу, а в табл. 4 — расчеты величин запаса, выхода и среднего прироста деловой древесины различной крупности на пробной площади № 7.

Таблица 4

Возраст, лет	Текущий годичный прирост древесины, м <sup>3</sup>	Бывший и ожидаемый запас древостоя, м <sup>3</sup>	Выход деловой древесины (%) по классам крупности		Средний прирост деловой древесины (м <sup>3</sup> ) по классам крупности	
			I—III (13 см и более)	I—II (19 см и более)	I—III (13 см и более)	I—II (19 см и более)
40	9,0	250	80	—	4,9	—
50	7,2	340	85	70	5,7	4,8
60	6,2	410	88	76	6,1	5,2
70	5,2	475	88	78	6,0	5,3
80	—	525	—	80	—	5,25

Данные графика и табл. 4 показывают, что возраст количественной спелости наступил в 60 лет. Возраст технической спелости на древесину I—III классов крупности также приходится на 60 лет и совпадает с возрастом количественной спелости. При выращивании пиловочника и строительного леса I—II классов крупности достижение максимума их среднего прироста ожидается не ранее 70 лет.

Можно сделать вывод, что максимально возможной величиной сокращения обоснованных для нормальных древостоев возрастов спелости путем регулирования начальной густоты является 10—20-летний срок, в зависимости от крупности выращиваемой древесины.

Абсолютная величина среднего прироста деловой древесины I—II классов крупности в возрасте спелости примерно одинакова в насаждениях различной густоты. На пробных площадях № 7, 1 и 3, находящихся примерно в одинаковой стадии спелости, эта величина почти

равна (4,8—5,2 м<sup>3</sup>). Но в густых древостоях, помимо этого, в прошлом имел место используемый хозяйством отпад, величину которого сейчас трудно установить.

Из сказанного можно заключить, что путь снижения возраста технической спелости древостоев и сокращения на этой основе оборота рубки с помощью уменьшения начальной густоты дает в высокопроизводительных сосняках весьма скромные результаты. Существенного понижения — на 15—20 лет — можно добиться лишь путем сведения числа посадочных мест до минимума, почти полной ликвидации промежуточного пользования и резкого ухудшения сортности спелой древесины, то есть дорогой для интенсивного хозяйства ценой. Регулированием густоты в небольших пределах в процессе роста, очевидно, можно ускорить наступление спелости лишь на 5—10 лет, что не может иметь существенного практического значения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. П. Георгиевский. Рубки ухода за лесом. Гослесбумиздат, 1957.
- [2]. В. К. Захаров. О рационализации методики составления таблиц хода роста насаждений. Сборник научных работ Института леса АН БССР, вып. VII, 1956.
- [3]. В. П. Тимофеев. Влияние густоты насаждений на их продуктивность. Доклады ТСХА, вып. XXXI, 1957.

Поступила в редакцию  
12 июня 1961 г.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ВЫГОДНОСТЬ КУЛЬТУР, СОЗДАНЫХ ПОСЕВОМ И ПОСАДКОЙ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ В БАШКИРИИ

**И. И. ЛЕВИЦКИЙ**

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Башкирская лесная опытная станция)

В Башкирии намечено в текущем семилетии закультивировать хвойными породами 200 тыс. га свежих нераскорчеванных вырубок. В связи с этим перед нами стояла задача — разработать новые приемы агротехники, обеспечивающие выращивание высокопродуктивных, хозяйственно-ценных лесных культур с минимальными затратами труда и денежных средств.

Подготовка плодородных серых лесных почв в зоне смешанных лесов преследует не улучшение ее физических свойств, а подавление густой сорной травяной растительности (борец, скерда, мультедий, сныть, орляк, осот и др.), которое заключается в удалении семян и корней растений вместе с верхним плодородным слоем почвы, снимаемым бульдозером полосами или крупными площадками. Нож срезает верхний слой почвы и сдвигает его в конец полосы или площадки по ходу бульдозера в холмик между пнями. Длина полос или площадок на вырубке между пнями бывает от 1 до 12 м, ширина — 3 м. Глубина снимаемого слоя почвы регулируется бульдозеристом и обычно составляет 18—25 см, при ширине межполосных лент 3—4 м. Наряду с этим выяснилось, что при других способах подготовки почвы — плужном (КЛП, ЛТП) и ручном (лопата) — не обеспечивается такая защита лесных культур от зарастания их сорняками. Во избежание заглушения в Башкирии начали практиковать крупные площадки размером 3 м<sup>2</sup> и более, в которые растения высаживают био группами, благодаря чему они лучше растут и более устойчивы.

Применение бульдозера позволило решить две задачи: выращивание леса био группами в крупных площадках и снижение трудовых затрат.

Мы провели хронометраж работ по подготовке почвы бульдозером Д-157 на тракторе С-80 на двух опытных участках. Оба участка заложены в Кананикольском лесхозе (Зилаирский район Башкирии) на нераскорчеванных вырубках с тяжелыми черноземовидными суглинками. Оказалось, что за 8 час работы бульдозер может подготовить около 3 га вырубку. Уместно отметить хорошую проходимость его в условиях нераскорчеванных вырубок и прочную конструкцию ножа, позволяющего снимать верхний слой почвы на глубину более 30 см и выкорчевывать пни диаметром до 20—25 см.

Несмотря на явные преимущества бульдозера перед другими почвообрабатывающими орудиями, мы его не рекомендуем применять при подготовке почвы в любых условиях. Например, на вырубках с количеством пней на 1 га менее 200 вполне оправдывает себя бороздовой способ обработки почв легкого механического состава (плугами КЛП и ПКБ); на богатых тяжелосуглинистых почвах нераскорчеванных вырубок с большим числом пней целесообразнее делать полосы и крупные площадки бульдозером.

Рост культур сосны, созданных в производственных условиях при разных вариантах почвы, можно проследить на опыте Красно-Ключевского лесхоза в квартале 39 урочища Бурна. Культуры заложены на сенокосной поляне, на слабом склоне северной экспозиции, площадей 4 га.

Почва готовилась осенью 1951 г. полосами (бульдозером), бороздами (пароконным плугом) и мелкими площадками (лопатами). Во всех случаях посадку делали весной 1952 г. в одни и те же сроки под меч Колесова двухлетними сеянцами из местного питомника. Ширина полос 3 м, число рядов в полосе — 3, количество сеянцев на 1 га — около 7000 шт., размещение сеянцев в рядах — через 0,75 м. Расстояние между осями плужных борозд — 2,5 м, в рядах — 0,80 м, количество высаженных сеянцев на 1 га — 5000 шт. У мелких площадок (1×1 м) расстояние между центрами 2,3 и 3,0 м, число сеянцев в площадке — 5, число площадок на 1 га 1400 и сеянцев около 7000.

Глубина обработки почвы бульдозером составляла 18—20 см, плугом — 15 и лопатой — 20 см, ширина борозд 35—40 см. Ширина междурядий необработанных лент была в первом случае 3 м, во втором — 2 м, в третьем — 1,2 и 1,8 м. Процент минерализации почвы составил соответственно 50, 18 и 14%.

Мы обследовали эти культуры в сентябре 1958 и 1959 гг., когда они уже находились в стадии смыкания. Их возраст 9 лет (с учетом возраста сеянцев). Результаты обследования даны в табл. 1.

Таблица 1

Варианты подготовки почвы	Годы учета	Высота растений, см	Годичный прирост по высоте за последний год, см	Процент сохранности культур
Полосы, подготовленные бульдозером	1957	114,7±2,9	31,8±0,98	—
	1958	147,0±3,5	36,8±1,1	75
	1959	213,0±7,0	54,0±2,3	63
Плужные борозды	1957	89,7±2,6	24,9±0,7	—
	1958	129,7±3,8	36,7±1,0	91
	1959	181,3±6,1	47,6±2,1	76
Мелкие площадки	1957	100,7±2,4	25,9±0,75	—
	1958	118,0±3,3	34,8±1,06	86
	1959	197,0±7,7	51,0±2,1	63

Сохранность на полосах и мелких площадках оказалась одинаковой; в плужных бороздах она выше. Наилучший рост культур сосны оказался на полосах, несмотря на ухудшение здесь физических свойств почвы. Это объясняется лучшим подавлением сорной растительности и более полным использованием имеющихся запасов воды. Не менее интересен и рост посевных культур. В некоторых лесхозах Башкирии (в Тирлянском, Белорецком и др.), расположенных в районах влажного климата, имеются культуры, созданные в производственных условиях разными методами. В 1959 г. в Тирлянском лесхозе нам удалось обследовать 7 пробных площадей в культурах сосны, заложённых парами

(посев и посадка). На них делался перечет деревьев с подразделением на здоровые, усохшие, срубленные при уходе; учитывались пустые места, в которых погибли деревца. Кроме этого, для изучения хода роста культур в высоту на каждой пробе выбирались 5—6 моделей по ступеням толщины. Описывались положение, рельеф, экспозиция, состав насаждения, его возраст, средняя высота, диаметр, полнота, запас (имеющийся и выбранный при рубках ухода), тип леса, почва, напочвенный покров, размещение растений в ряду и между рядами, особенно сти насаждения.

Посевные культуры были заложены в 1939, а посадки в 1940 г. — по пашням и прогалинам, вышедшим из-под временного сельскохозяйственного пользования. Подготовка почвы была сплошной. За посевными культурами в первые два года проведено по два ухода (полка и рыхление почвы); за посадками проводился многократный уход.

Ход роста в высоту в обоих случаях оказался одинаковым, независимо от типа леса.

При подготовке бульдозером нераскорчеванных вырубок под лесные культуры, в зависимости от наличия имеющихся пней, на 1 га можно разместить 150—200 крупных площадок средним размером 14 м<sup>2</sup>. Некоторые лесоводы высказывают опасения, что при таком количестве площадок нельзя создать сомкнутого насаждения. На наш взгляд, в условиях зоны смешанных лесов на вырубках, возобновляющихся березой, кленом и липой, целесообразно формировать хвойно-лиственные насаждения, в которых сосна будет представлена полосами или мелкими куртинами леса, распределенными равномерно по площади. Спелые насаждения естественного происхождения довольно часто имеют на 1 га 300—400 стволов, неравномерно расположенных, местами группами по 2—4 дерева. Поэтому вполне возможно, что при наличии 150—200 крупных площадок на 1 га к возрасту спелости на них сохранится 300—400 стволов главной породы, которые и создадут высокопродуктивные, хозяйственно-ценные насаждения.

Затраты труда и средств, а также количество машино-смен и конедней, потребных для выращивания 1 га сосновых культур (при посадке 10 тыс. сеянцев) при разных способах их создания, даны в табл. 2.

Таблица 2

Орудия подготовки почвы	Метод культур	Потребность для выращивания 1 га культур			
		человеко-дней	тракторо-дней	коне-дней	руб.
Бульдозер	Посев . . . . .	10,80	0,3	—	323
	Посадка . . . . .	11,13	0,3	0,22	595
Плуг ПЛ-70	Посев . . . . .	45,76	0,2	—	700
	Посадка . . . . .	48,35	0,2	0,22	996
Плуг КЛП	Посев . . . . .	28,76	—	1,32	491
	Посадка . . . . .	48,8	—	0,88	987
Ручные	Посев . . . . .	53,06	—	—	754
	Посадка . . . . .	53,25	—	0,22	1028

Из таблицы видно, что подготовка почвы бульдозером дает резкое повышение производительности труда и значительно выгоднее других способов.

## СОСНЯКИ ПРИТОБОЛЬЯ

В. А. МАКСИМОВ

Инженер

(Ленинградская аэровизуальная экспедиция)

По геоботаническому делению СССР Курганская область находится в лесостепной зоне. Основываясь на постепенной смене ландшафтов с севера на юг (от лесов к степи), территорию области можно разделить на две части — северную и южную лесостепь.

Сосняки Притоболья представлены различными по площади массивами островных лесов, расположенных в зоне северной лесостепи. Из них 76% относится к эксплуатационным лесам II группы и 24% — к зеленым зонам городов и рабочих поселков.

Леса, образуемые сосной обыкновенной, занимают площадь 249,4 тыс. га с запасом 38,9 млн. м<sup>3</sup>.

Сосняки довольно равномерно распределены по группам возраста: молодняки (I—II классы возраста) занимают 40%, средневозрастные (III класс) — 23%, приспевающие (IV класс) — 18% и спелые и перестойные (V класс и выше) — 19% лесопокрытой площади. Они характеризуются следующими средними таксационными показателями: состав — 9С1Б; возраст — 50 лет; класс бонитета — II, I; полнота — 0,67; запас — 156 м<sup>3</sup>/га; эксплуатационный запас — 300 м<sup>3</sup>/га; прирост — 3,1 м<sup>3</sup>/га.

Приводимая ниже таблица хода роста сосняков главной части насаждений (табл. 1) указывает на высокую их производительность — выше, чем в сомкнутых насаждениях Среднего Урала.

Возраст количественной спелости сосновых насаждений равен: для I класса бонитета — 70, II — 70 и III — 80 годам.

Для характеристики лесов Курганской области рекомендуется применение смешанной лесотипологической сетки (табл. 2), основанной на учениях П. С. Погребняка о типах условий местопроизрастания и В. Н. Сукачева о типах леса.

Преобладающими типами леса в сосняках области являются брусничниковый и разнотравный, которые занимают 85% лесопокрытой площади.

В сосняках области главными считаются сплошные узколесосечные, чересполосные рубки со сроком примыкания 5 лет и шириной лесосек 50 м, а в закрепленных лесосырьевых базах — 100 м.

Лесовосстановительные рубки, по существу, превращены в главные; рекомендованные же правилами выборочные и постепенные рубки почти не проводятся.

Таблица 1

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число деревьев на 1 га	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Прирост, м <sup>3</sup> /га		Видовое число, 0,001
						средний	текущий	
I класс бонитета								
50	18,4	17,9	1453	36,6	306	6,2	8,5	458
60	21,2	22,1	1042	40,0	385	6,4	7,7	454
70	23,6	26,0	795	42,2	450	6,4	6,5	451
80	25,6	29,4	644	43,8	505	6,3	5,5	449
90	27,3	32,3	549	45,0	550	6,1	4,5	448
100	28,6	34,6	489	46,0	588	5,9	3,8	447
110	29,7	36,4	450	46,8	620	5,6	3,2	446
120	30,6	37,9	422	47,5	648	5,4	2,8	445
130	31,4	39,2	400	48,1	672	5,2	2,4	445
140	32,1	40,3	382	48,6	693	4,9	2,1	444
II класс бонитета								
50	15,8	15,7	1696	32,9	241	4,8	7,3	463
60	18,3	19,6	1212	36,6	309	5,1	6,8	458
70	20,5	26,6	920	39,2	368	5,3	5,9	455
80	22,4	28,3	741	41,1	418	5,2	5,0	453
90	24,0	29,4	629	42,6	461	5,1	5,1	451
100	25,3	31,6	559	43,8	498	5,0	3,7	450
110	26,4	33,3	514	44,8	529	4,8	3,1	449
120	27,3	34,6	484	45,6	556	4,6	2,7	448
130	28,1	35,8	462	46,3	580	4,5	2,4	447
140	28,8	36,7	445	46,9	601	4,3	2,1	447
III класс бонитета								
50	13,7	13,7	1973	29,0	186	3,7	5,7	469
60	16,0	17,4	1391	33,1	245	4,1	5,9	463
70	18,0	21,0	1038	35,9	297	4,2	5,2	459
80	19,8	24,2	826	38,0	343	4,3	4,6	456
90	21,3	26,9	699	39,7	383	4,3	4,0	454
100	22,5	29,0	621	41,1	418	4,2	3,5	453
110	23,5	30,6	573	42,2	448	4,1	3,0	451
120	24,4	31,8	543	43,1	474	4,0	2,6	451
130	25,2	32,7	523	43,9	497	3,8	2,3	450
140	25,7	33,4	509	44,6	517	3,7	2,0	449

Для изучения хода роста естественного возобновления в лесхозах области было обследовано 33,5 тыс. га не покрытых лесом площадей, в том числе 26,3 тыс. га сосновых вырубок и 7,2 тыс. га гарей. При обработке результатов обследования использована шкала оценки лесовозобновления «Инструкции по лесоустройству и обследованию лесов государственного значения Союза ССР» 1951 г. (§ 189). Полученные итоги сведены в табл. 3 и 4.

Характерно, что облесение вырубок происходит большей частью без смены пород. Однако следует отметить, что в первые три года прежде всего появляются куртины березы и осины, а затем, спустя 3—4 года — самосев сосны.

Плодоношение сосны в насаждениях наступает с 40-летнего возраста, а на открытых местах и в изреженных древостоях — с 15 лет. Семенные годы при благоприятных погодных условиях повторяются примерно через 3—5 лет. Однако при сравнительно частых в области засухах интервал между семенными годами растягивается до 6—10 лет.

Таблица 2

Влажность почвы	Богатство почвы					
	А—боры		В—суборы		С—сурамени	
	тип леса	класс бонитета	тип леса	класс бонитета	тип леса	класс бонитета
1—сухие	Бор лишайниковый	IV—III	Сосняк бело-мошниковый	III—II	Сосняк злаково-разнотравный	II
2—свежие	Бор зеленомошниковый	III—II	Сосняк брусничниковый	II—III	Сосняк разнотравный	II—I
3—влажные	Бор черничниковый	II	Сосняк черничниковый	I—II	Сосняк сложнотравный	I—II
4—сырые	Бор долгомошниковый	IV—III	Сосняк долгомошниковый	III—IV	Сосняк осоковый	II—III
5—мокрые	Бор сфагновый	V—IV	Сосняк осоко-сфагновый	IV—V		

Таблица 3

Давность вырубki, лет	Процент площади, на которой возобновление			
	удовлетворительное		плохое	отсутствует
	без смены пород	со сменой пород		
1—2	5	2	4	89
2—3	5	2	6	87
3—5	14	3	18	65
6—10	35	5	20	40
Среднее . . .	17	4	14	65

Таблица 4

Тип соснового леса	Процент площади, на которой возобновление			
	удовлетворительное		плохое	отсутствует
	без смены пород	со сменой пород		
Брусничник . . . . .	21	3	16	60
Зеленомошник . . . . .	23	3	9	65
Разнотравный . . . . .	11	2	11	76
Черничник . . . . .	5	5	15	75
Лишайниковый . . . . .	19	—	2	79
Среднее . . . . .	17	4	14	65

Плодоношение, совместно с задернением не покрытых лесом площадей, быстро зарастающих степными травами, определяют ход естественного возобновления. В южной, приближающейся к степи, части области удовлетворительно возобновляется только 10% площадей сосновых вырубok, тогда как в северной — 22%.

Особенно неудовлетворительно происходит естественное возобновление леса в ленточных борах Звериноголовского лесхоза. Возобновление здесь отсутствует на 95% площадей сплошных вырубок. Основными причинами этого являются высокие температуры на поверхности почвы, иссушающее воздействие ветров из Казахских степей и задержание.

В табл. 4 показано естественное возобновление вырубок в различных типах леса.

Значительно хуже вырубок возобновляются гари: удовлетворительно — 3%, плохо — 3%, молодняк отсутствует на 94% площади.

Для улучшения состояния сосняков и их восстановления можно рекомендовать следующие мероприятия.

1. Упорядочение и строгая регламентация всех видов пользования лесами. В лесах I группы необходимо проводить постепенные и выборочные рубки. В эксплуатационных лесах возможно применение узколесосечных сплошных рубок с шириной лесосек не более 50 м. Лесозаготовки желательно проводить в зимнее время, а загущенные культуры (12,0—15,0 тыс. посадочных мест на 1 га) создавать двухлетними саженцами.

2. Полное использование ликвидной древесины, максимальная утилизация порубочных остатков и сохранение подроста сосны на вырубках.

3. Усиление мер борьбы с лесными пожарами, особенно на площади вырубок и однократных гарей; включение в число обязательных мероприятий при лесозаготовках противопожарного устройства вырубков.

4. Строгая регламентация побочных пользований в лесах, запрет пастбы скота и сенокосения на возобновившихся вырубках и площадях лесных культур.

---

Поступила в редакцию  
29 апреля 1961 г.

## КУЛЬТУРЫ ТОПОЛЯ В ПОЙМАХ МАЛЫХ РЕК УКРАИНЫ

*М. Т. ГАНЖА*

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Украинская академия сельскохозяйственных наук)

У различных видов тополей требования к условиям местообитания различны, но в общем, как отмечают многие авторы, довольно сходны. Большинство из них нуждаются во влаге, особенно в проточных грунтовых водах, обогащенных питательными веществами и содержащих известь. Вторым, не менее важным требованием является наличие хорошей аэрации, неплотного сложения почвы с нейтральной или щелочной реакцией.

Такие условия наблюдаются в поймах речных долин с коротким и неежегодным затоплением водой, а также в нижних частях водоподводящих тальвегов, днищ и конусов выноса широких балок.

Особенно подходящими для культуры тополей являются центральная и притеррасная (незаболоченная) части поймы. Здесь, как правило, формируются глубокие супесчаные и легкосуглинистые с илистыми прослойками, оптимально увлажненные почвы, воды которых содержат растворенные карбонаты, а периодическое затопление способствует постоянному повышению их плодородия.

На таких почвах, как отмечает С. В. Шевченко [4], произрастают очень богатые по растительному составу насаждения. В древесном ярусе встречается черный и белый тополя, осина, древовидные ивы, вяз, берест, ясень и иногда дуб (в притеррасной части поймы). В подлеске — бузина черная, свидина, бересклет европейский, черемуха и др. Травянистый покров характеризуется наличием хмеля, паслена сладко-горького, будры плющевидной, крапивы, спаржи и др.

Подобные насаждения относятся к пойменным вариантам дубрав. Однако дубовые древостои в притеррасной зоне поймы, нередко затопляемой полыми водами, характеризуются низкой производительностью (III—IV классы бонитета). Поэтому их следует заменять тополевыми насаждениями искусственного происхождения. Центральную (слоистую и реже зернистую) часть поймы, где, по сведениям Н. С. Поповой [2], естественно, в первую очередь формируются осокорники и ветляники и где затопление наблюдается больше 20—25 дней, целиком следует отводить под культуры тополей.

В настоящее время имеются примеры хороших тополевых культур в поймах малых рек Украины, входящих в систему Днепра. Нами в 1959 и 1960 гг. детально обследовались культуры тополя в Белоцерковском и Прилукском лесхозагах.

В Томиловском лесничестве Белоцерковского лесхоззага большинство насаждений тополя создается путем посадки черенков; прошедших укоренение или специальную зимнюю подготовку, подобно кильчеванию виноградных чубукв. Черенки заготавливаются на собственной маточной плантации и с одиночных деревьев, произрастающих в окрестности Белоцерковского и других районов Киевской области. Преобладающим видом является тополь канадский. Уход за культурами проводится на протяжении трех лет.

При обследовании мы в первую очередь обращали внимание на те участки, где соблюдались правила агротехники и где культуры в настоящее время имеют высокую производительность. К таким прежде всего следует отнести участок в квартале 61 (литера участка е<sup>1</sup>), расположенный в центральной пойме р. Рось. Почва — дерново-луговая с явными признаками лугово-черноземной — отличается значительной мощностью гумусового слоя зернисто-комковатой структуры. Раскопка показала, что этот горизонт залегает до глубины 150 см и только горизонт 150—200 см представляет собой серо-голубой глей. Характерно, что верхняя часть почвы толщиной 30 см сильно изрыта землероями, а ходы дождевых червей встречаются по всему профилю. Вскипание — с поверхности и по всем генетическим горизонтам. Уровень грунтовых вод 2 м. Ранее участок находился под сельскохозяйственным использованием. Сплошная подготовка почвы под культуры производилась осенью 1950 г. на глубину 30 см. Весной, перед посадкой, проведено двухкратное боронование. Посадка осуществлялась укорененными черенками под меч Колесова с расстоянием 1,5 × 0,7 м. Тополя канадский и душистый и бузина красная высаживались по схеме: тополь—бузина—тополь. В 1958 г., в порядке мер ухода, часть тополей (2 м<sup>3</sup> на 1 га) была вырублена, и все кусты бузины посажены на пень. В момент обследования культуры имели здоровый вид и хорошие показатели роста (табл. 1).

Таблица 1

Квартал и литера участка	Тип лесорастительных условий	Вид тополя	Год создания культур	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Число деревьев на 1 га, шт.	Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	Средний прирост, м <sup>3</sup> /га
Томиловское лесничество Белоцерковского лесхоззага										
61, е <sup>1</sup>	Влажная пойменная дубрава (Д <sub>3</sub> )	Канадский	1951	10	11,6	12,6	33,8	2710	205,5	20,6
98, м	Переходный от свежей к влажной дубраве (Д <sub>2-3</sub> ) . . . . .	"	1950	10	12,2	12,8	29,2	2250	185,3	18,5
Белоцерковское лесничество Белоцерковского лесхоззага										
51, л	Влажная пойменная дубрава (Д <sub>3</sub> )	Канадский	1946	15	18,0	21,6	43,4	1190	388,9	25,9
Ичнянское лесничество Прилукского лесхоззага										
85, е	Переходный от влажной к сырой пойменной дубраве (Д <sub>3-4</sub> )	Осокорь	1935	25	23,0	30,0	29,0	410	323,1	12,9

Особенно хорошо выглядели отдельные экземпляры тополя душистого, средняя высота которого в 10-летнем возрасте составляла 12 м, средний диаметр — 12,8 см.

Участок культур в урочище Бутыха (квартал 98, литера участка м) расположен в нижней части водоподводящего тальвега широкой заболоченной балки. Почва — темно-серая лесная, переходящая в дерново-луговую, легкосуглинистую. Грунтовые воды находятся на глубине 1,5—3 м. Участок ранее находился под сельскохозяйственным использованием (кормовая свекла). Подготовка почвы и агротехника создания культур аналогичны предыдущим. Между рядами первые два года занимались под кормовую свеклу, и уход велся одновременно за свеклой и за тополями. На третьем году культуры сомкнулись, и свекла, оказавшись затененной, полностью погибла. В 1955 г. проведена прочистка культур с выборкой общей массы 2,28 м<sup>3</sup> на 1 га. Тополь на этом участке, дважды обследованный А. Г. Солдатовым [3], имел в 6-летнем возрасте следующие таксационные показатели: высота 8,7 м, диаметр 7,3 см, запас стволовой древесины 93,7 м<sup>3</sup> на 1 га.

Наши измерения приведены в табл. 1.

Весьма удачны культуры тополя канадского в Белоцерковском лесничестве, Белоцерковского лесхозага, Киевской области, заложенные лесоводом А. В. Руденко в пойме р. Каменки (урочище Толстая, квартал 51, литера л). Почвы дерново-луговые, но несколько беднее, чем в пойме р. Рось. Мощность гумусового горизонта не превышает 50 см, на глубине 75 см — сплошное оглеение. Уровень грунтовых вод 1,5 м. Площадь ранее находилась под огородами, затем по глубокой зяблевой пахоте были посажены укорененные черенки тополя канадского. Три года в между рядах проводилось глубокое рыхление почвы и прополка сорняков. Периодически из насаждения выбирались лучшие экземпляры тополя для озеленения. Тем не менее, в 14-летнем возрасте культуры имели полноту не ниже 0,7, а запас стволовой древесины — свыше 380 м<sup>3</sup> на 1 га.

Наконец, еще один пример хороших культур тополя, созданных лесоводами Ичнянского лесничества, Прилукского лесхозага, Черниговской области в пойме р. Удай. Здесь в урочище Круличполь (квартал 85, литера участка е) высаживались укорененные черенки тополя черного в смешении с чистыми рядами ольхи черной по схеме 2 × 1 м. Участок расположен в притеррасной части поймы. Почва — дерново-луговая, оглеенная. Мощность гумусового горизонта колеблется от 45 до 70 см. На глубине 100 см — сплошной глей. Уровень грунтовых вод 1—1,5 м. Подготовка почвы под культуры, как и в предыдущих случаях, производилась по системе глубокой зяблевой вспашки. На протяжении четырех лет в культурах проводился уход. Насаждение неоднократно подвергалось рубкам в виде осветлений (для ольхи) и прочисток. К 25-летнему возрасту на 1 га сохранилось 410 экземпляров осокоря с запасом 323,1 м<sup>3</sup> и 265 экземпляров ольхи с запасом 41,8 м<sup>3</sup>. Общий запас насаждений на 1 га составляет 364,9 м<sup>3</sup>. В настоящее время ольха черная (средняя высота 16,5 м, средний диаметр 15,1 см) находится в весьма угнетенном состоянии, многие стволы засыхают с вершины. Осокорь же выглядит превосходно (табл. 1).

Для сравнения мы заложили в Томиловском лесничестве (квартал 64) ряд пробных площадей в тополевых культурах, созданных на надлуговой террасе левого берега долины р. Рось. Почвы здесь дерново-подзолистые, залегающие на древнеаллювиальных песчаных отложениях. Глубина гумусовых (элювиальных) горизонтов по мере продвижения от верхней к нижней части террасы возрастает от 15 до

35 см. Уровень грунтовых вод увеличивается, наоборот, от нижней к верхней части террасы и колеблется в пределах от 1 до 5 м. Культуры тополя создавались здесь в 1948 и 1949 гг. путем посадки черенков по схеме: 3 ряда тополя, 2 ряда бересклета бородавчатого (реже европейского). Схема размещения  $1 \times 0,7$  м. В 1957 г. бересклет был посажен на пень. В порядке прочисток вырублена часть тополей. В настоящее время культуры представляют собой трехрядные тополевые кулисы. Тополь очень плохо очищен от сучьев. Раскопка почв и измерение деревьев показали (табл. 2), что более или менее успешно тополь канадский растет только в нижней части террасы, непосредственно примыкающей к пойме реки. Здесь сформировались относительно мощные (30—35 см) и богатые дерново-подзолистые почвы (близкие к серым лесным) с неглубоким (1—1,5 м) уровнем грунтовых вод. В верхней части террасы, где дерново-подзолистые почвы развиты слабо (мощность гумусово-элювиального горизонта всего 20 см) и грунтовые воды залегают на глубине 3,5 м, канадский тополь растет значительно хуже (табл. 2).

Таблица 2

Квартал и литера участка	Части террасы	Тип лесорастительных условий	Площадь, га	Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Число деревьев на 1 га, шт.	Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	Средний прирост, м <sup>3</sup> /га
64, г	Нижняя	Влажная судубрава (С <sub>2</sub> )	2,6	11	9,6	9,0	24,0	3800	125,6	11,4
64, г	Средняя	Переходный от свежей к влажной судубраве (С <sub>2-3</sub> )		11	9,0	8,0	17,2	3400	81,8	7,4
64, а	Верхняя	Переходный от свежей судубравы к свежей субори (С <sub>2</sub> —В <sub>2</sub> )	3,7	12	9,6	6,1	10,8	3630	54,3	4,5

На основании изложенного можно сделать следующие выводы и предложения.

1. Лучшими условиями местопроизрастания тополей являются условия центральной поймы. Особенно хорошо растут тополя в местах зернистой поймы, где залегают глубокие дерново-луговые и лугово-черноземные почвы. Но поскольку эти площади зачастую используются под ценные сельскохозяйственные культуры, следует создавать поперечные пойменные тополевыи полосы мелиоративно-промышленного назначения, как это предлагает К. Ф. Мирон [1]. Ширина их для условий Украины должна быть 60—80 м, а расстояние между ними — 600—800 м.

Для удобства землепользования и широкого применения механизмов в межполосных пойменных клетках поперечные полосы рекомендуется располагать под углом 60—75° к оси поймы — в сторону течения.

2. Создание культур тополей на песчаных (надлуговых) террасах малых рек возможно только в более пониженных местах, где сформировались дерново-подзолистые почвы значительной (более 30 см) мощности с неглубоким (1,5—2 м) уровнем грунтовых вод и незначительной кислотностью (рН не более 5).

3. Для пойменных условий малых рек Украины, на основании литературных источников и примеров существующих культур, можно рекомендовать следующие виды тополей: осокорь, канадский, белый и серый (для пойм с непродолжительным затоплением и резким изменением водного режима), душистый, лавролистный (лучше для незатопляемых частей пойм), отечественные гибриды, показавшие хороший рост в поймах. Для нижних частей песчаных террас, на дерново-подзолистых почвах следует выращивать тополь канадский, китайский, лавролистный и волосистоплодный.

4. Культуры можно создавать как чистые, так и смешанные. В последнем случае в качестве примеси к тополям можно разводить отдельными рядами древовидные ивы, ольху черную, ясьень пенсильванский (в южной зоне Украины), а из кустарников, которые в большинстве случаев высаживаются в ряду с тополями, — бересклет европейский, свидину, бузину черную, крушину ломкую, бузину красную (на дерново-подзолистых почвах песчаных террас).

5. В зависимости от способа ухода и наличия почвообрабатывающих механизмов и орудий для культур тополя в поймах малых рек Украины можно рекомендовать следующие расстояния посадки: для смешанных —  $2,5 \times 1,5$  м и  $2,5 \times 2,5$  м; для чистых —  $3 \times 2$  м и  $3 \times 3$  м.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. К. Ф. Мирон. Разведение тополей в лесах Белорусской ССР. Сб. ВАСХНИЛ «Быстрорастущие и хозяйственно-ценные древесные породы», М., 1958. [2]. Н. С. Попова. Быстрорастущие породы в поймах рек степной зоны. Сб. ВАСХНИЛ «Быстрорастущие и хозяйственно-ценные древесные породы», М., 1958. [3]. А. Г. Солдатов. За 400 кубометров древесины с гектара. Госсельхозиздат УССР, Киев, 1959. [4]. С. В. Шевченко. Тополь и его культура в западных областях УССР. Львов, 1958.

Поступила в редакцию  
22 июня 1961 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

## ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ БОЛОТ

А. А. ТКАЧЕНКО

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Семилетним планом развития народного хозяйства Советского Союза предусматривается перемещение основного объема лесозаготовок в районы Севера европейской части СССР, находящиеся на значительном расстоянии от больших рек, а также в районы Сибири и Дальнего Востока. Для промышленного освоения лесных массивов в этих районах потребуется значительное количество автомобильных и железных дорог узкой и широкой колеи, которые в настоящее время уже начинают строить. Однако развитие транспортной сети в значительной степени затрудняется тем, что для всех упомянутых выше районов характерна высокая заболоченность, достигающая тридцати и более процентов территории, а широко применяемые способы проектирования и строительства дорог на болотах имеют ряд недостатков. Основной причиной этого является то, что применяемые в практике классификации болот не отражают в достаточной мере строительных свойств болот и физико-механических свойств составляющих их образований. Так, наибольшее распространение при проектировании и строительстве железных дорог получила классификация, предложенная в 1940 г. проф. К. С. Ордуянцем [7], [8], автомобильных — Н. П. Кузнецовой [5].

Эти классификации имеют некоторые различия, однако основные недостатки у них общие.

В обоих случаях болотные образования рассматриваются лишь с точки зрения устойчивости насыпи на болоте, а вопрос деформируемости (сжимаемости), варьирующей у различных торфов в широких пределах, не отражается. Кроме того, не учитывается слоистость болот, хотя подавляющее большинство их имеют слоистое строение в результате изменений климата и гидрологического режима.

Отсутствие учета этих факторов в дорожно-строительных классификациях ведет либо к весьма большому объему лабораторных испытаний торфа (непосильному для проектных организаций), либо к зна-

---

*От редакции.* Решением совещания по обобщению опыта проектирования, строительства и эксплуатации дорог на болотах, созванного в июле 1962 г. Комитетом по земляному полотну, рекомендуется при усовершенствовании классификации болот принять за основу физико-механические характеристики различных типов торфяных залежей.

В докладе, сделанном на этом совещании, А. А. Ткаченко изложил дорожно-строительную классификацию, основной единицей которой является строительный тип пластов болотных отложений, определяющий физико-механические характеристики залежей. В связи с этим редакция «Лесного журнала» считает своевременным опубликование настоящей статьи с целью ее широкого обсуждения.

чительному расхождению между проектными и фактическими объемами земляных работ при устройстве насыпей на болотах. Кроме того, при пользовании первой классификацией практически затруднительно определить, к какому типу относится данное болото. Как известно, в ней к первому типу относятся болота, заполненные торфом устойчивой консистенции, а ко второму — торфом неустойчивой консистенции. Первый тип объединяет торфа, в которых вертикальный откос шурфа глубиной 2 м держится в течение пяти суток, а степень разложения не превышает 60%. Такие классификационные признаки не являются надежными, так как устройство шурфа позволяет характеризовать болото лишь до глубины 2 м. На больших глубинах торф имеет другое строение. Что касается степени разложения, то этот признак должен определять, по мнению К. С. Ордуянца, не только устойчивость, но и деформируемость болот.

Из работы К. С. Ордуянца [8] видно, что осадка насыпи на торфах, имеющих степень разложения не более 60% (первый тип), всегда меньше, чем на болотах второго типа. Практически же всегда бывает наоборот: наибольшую осадку дают малоразложившиеся торфа (например, сфагновые), имеющие наибольшую влажность, наименьшую — высокоразложившиеся (древесные торфа), имеющие минимальную влажность. Видимо, учитывая этот факт, широко подтвержденный опытом строительства дорог, составители новых технических условий [9] оставили лишь один признак для отнесения болот к первому или второму типу — отрыв шурфа. Указания на то, что торф может быть отнесен к тому или иному типу по физико-механическим свойствам, следует считать условными, так как К. С. Ордуянец не приводит в своих работах каких-либо свойств торфа, кроме степени разложения, которые бы определяли его строительный тип.

В результате при изысканиях автомобильных и железных дорог тип болота определяется в поле произвольно, что ведет к большому несоответствию между проектными и фактическими осадками. По данным, приведенным в работе К. С. Ордуянца [8], нами подсчитано, что среднее расхождение между фактическими и расчетными осадками на дорогах широкой колеи превышает 30%, а на ряде поперечников эти величины расходятся в три и более раза.

В Архангельском лесотехническом институте была предложена новая дорожно-строительная классификация болот\*, учитывающая как устойчивость, так и деформируемость торфяного основания. За основную классификационную единицу был принят строительный тип пластов болотных отложений, объективно оценивающий физико-механические свойства образований, слагающих болота.

Типы пластов выделены на основании изучения классификации торфов, разработанной под руководством проф. С. Н. Тюремнова в Московском торфяном институте [3], и в результате обследования различных болотных образований при возведении на них насыпей железных и автомобильных дорог.

В этой классификации физико-механические свойства торфов различных видов, зависящие, как известно, от их влажности и степени разложения, определяются подтипом и группой торфа, независимо от принадлежности его к тому или иному геоботаническому типу, который, в свою очередь, зависит от видового состава растений торфообразова-

---

\* См. диссертацию автора «Осадки насыпей магистральных узкоколейных лесовозных дорог на болотах». Научный руководитель доц., канд. техн. наук В. В. Щелкунов, Архангельск, 1956.

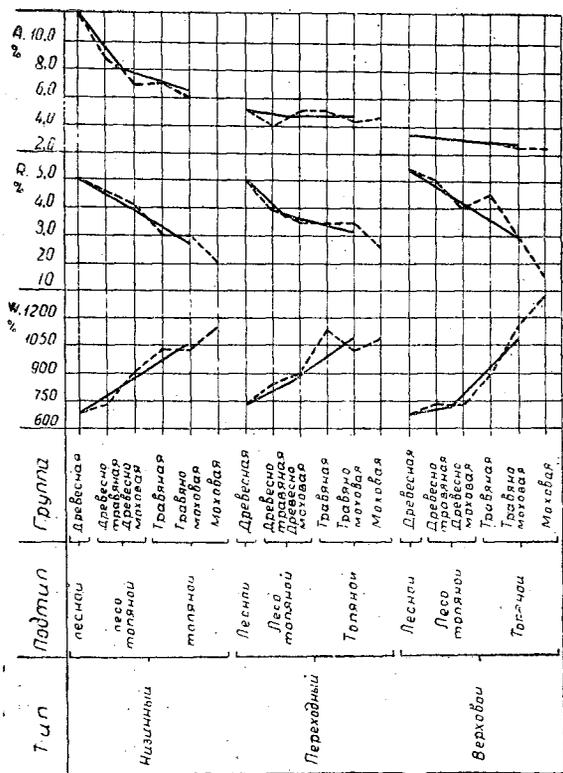


Рис. 1. Сплошной линией обозначены подтипы, пунктиром — группы.

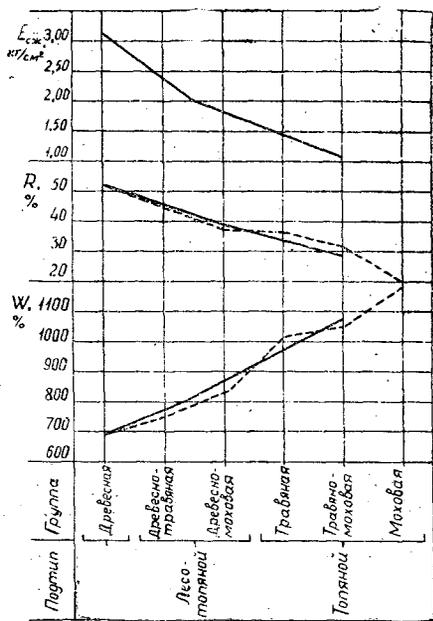


Рис. 2. Обозначения те же, что на рис. 1. Величины  $E_{сж}$  приводятся по нашим данным.

телей и конституционной зольности. Опыт показывает, что видовой состав трав и мхов, слагающих торф, не влияет на его физико-механические свойства. По данным опытов А. А. Арсеньева и Н. П. Кузнецовой, то же самое установлено и для зольности.

Повторение средних значений степени разложения  $R$  и влажности  $W$  для торфов различных геоботанических типов по подтипам и группам хорошо видно на графиках (рис. 1), построенных по данным, приведенным в справочнике по торфу. Из этих графиков видно, что лишь значение зольности  $A$  не одинаково для торфов различных геоботанических типов, но она не определяет физико-механических свойств торфа. Для сравнения на рис. 2 приводятся средние значения влажности и степени разложения торфов по подтипам и группам независимо от их геоботанического типа. В верхней части этого рисунка приводятся средние значения модуля стандартного сжатия  $E_{сж}$ , в значительной степени определяющего физико-механические свойства торфа. Из рисунка видно, что подтип и группа определяют физико-механические свойства, отражают условия, в которых образовался данный торф (степень обводненности субстрата), а также качество и соотношение материалов, из которых он сложен. Поскольку болота, кроме торфа, могут состоять также из сапропеля и воды, следует в целях конкретизации изысканий и проектирования насыпей на болотах визуально выделять следующие строительные типы пластов болотных отложений: 1 — лесной торф; 2 — лесо-топяной торф; 3 — топяной торф; 4 — сапрпель; 5 — вода с остатками растений и жидкие образования.

Бурение болот с целью выделения этих пластов необходимо производить специальными буровыми наконечниками (Гиллера и Гикторфа), так как обычные наконечники (змеевик, ложка) нарушают структуру отложения, чем в значительной степени затрудняют определение его строительного типа.

Первые три типа пластов соответствуют подтипам классификации торфов, предложенной Московским торфяным институтом, независимо от их принадлежности к тому или иному ботаническому типу торфа.

Четвертый тип пластов составляет уплотненный сапрпель (в геоботаническом понимании этого слова), обладающий несущей способностью, которая проявляется в том, что не выдавливается из-под насыпи. Существование таких сапрпелей подтверждается многочисленными обследованиями насыпей на болотах [1], [4].

Под жидкими образованиями, составляющими, наряду с водой, пятый пласт, понимается сапрпель, не обладающий несущей способностью и потому выдавливающийся из-под насыпи. Более подробно визуальные признаки пластов различных строительных типов приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Тип пласта	Наименование пласта	Визуальные признаки	Примечание
1	Лесной торф	Цвет черный или коричневый, торф плотный и мало влажный. Остатков трав и мхов либо совсем нет, либо они встречаются в небольшом количестве	Встречаются пни в большом количестве
2	Лесо-топяной торф	Цвет темный или серо-коричневый, торф средней плотности и влажности. Наряду с остатками древесины, встречается значительное количество остатков трав и мхов	Встречаются пни
3	Топяной торф	Окраска моховых торфов светлая, травяных—более темная, плотность незначительная, влажность высокая. Древесные остатки либо совсем отсутствуют, либо попадают единично	Пни встречаются в незначительном количестве или их совсем нет
4	Сапрпель	Цвет от черного до зеленоватого. Пластичная жирная масса незначительной плотности, имеются включения неразложившихся остатков растений. В сухом состоянии, в отличие от торфа, приобретает значительную твердость. Влажность высокая, возможны примеси частиц минерального грунта	Залегания сапрпеля приурочены к донной части залежи
5	Вода с остатками растений и жидкие образования	Неразложившиеся остатки трав и мхов находятся в воде во взвешенном состоянии. Жидкие образования имеют темную окраску, на горизонтальной поверхности растекаются подобно вязкой жидкости	Пласты воды могут залегать как в донной части залежи, так и между другими пластами

При выделении строительных типов пластов возникает вопрос, не правильнее ли было бы вместо подтипа за основу принять группу торфа, которая также отражает его физико-механические свойства? На

наш взгляд, такой путь неправилен, так как в ряде случаев, как это видно из рис. 1, влажность и степень разложения торфов различных групп близки между собой (например, влажность травяных и моховых торфов в переходном геоботаническом типе), а, следовательно, близки и их физико-механические свойства. Кроме того, выделение шести строительных типов торфов, вместо трех, значительно усложнит их классифицирование в поле изыскателями дорог, не являющимися специалистами-геоботаниками.

Разграничения образований, встречающихся в болотах, на перечисленные пять строительных типов пластов позволяет классифицировать болота с дорожно-строительной точки зрения по условиям устойчивости и деформируемости.

По устойчивости основания насыпи, в зависимости от наличия и взаимного расположения пластов по принципу, предложенному проф. А. В. Ливеровским [6], выделяются следующие три строительных типа болот.

*I тип.* Болота, включающие пласты первых четырех строительных типов, причем сапропели — только в нижней части болота, прикрытые пластами торфа. Осадки насыпей определяются сжатием пластов.

*II тип.* Болота, в состав которых обязательно входит пятый пласт. Осадки насыпей в этом типе определяются сжатием первых четырех пластов и выжиманием из-под насыпи пятого.

*III тип.* Болота, состоящие из пластов четвертого и пятого типов или одного из них и в ряде случаев прикрытые пластом сплавнины незначительной толщины, практически не обладающей несущей способностью. Насыпь на болотах данного типа выжимает пласты четвертого и пятого типа и садится на дно болота.

Приведенные строительные типы предусматривают принципиальное разделение болот по их устойчивости, которая обеспечивается как физико-механическими свойствами пластов, слагающих болота, так и конструкцией возводимого сооружения. Однако, как показывает опыт, при возведении насыпей на болотах при малой толщине пластов первых трех типов сапропель может выжиматься в стороны из-под насыпи, а кора на болотах второго типа может разрываться. Поэтому, в зависимости от характера дороги, толщина пластов первых трех типов должна быть не меньше определенной величины. Наблюдениями установлено, что для узкоколейных и автомобильных дорог она должна составлять не менее половины глубины болота. Если это условие не выполняется, то при отсутствии воды и жидких образований болото следует относить ко второму строительному типу, а при наличии этого пласта — к третьему.

По деформируемости основания насыпей болота первого и торфяная кора на болотах второго строительных типов разделяются на три строительных типа залежей. Это разделение делается из следующих соображений. Изучение классификации торфяных залежей, предложенной Московским торфяным институтом [3], позволяет установить, что залежь может рассматриваться как единое образование, обладающее определенным комплексом физико-механических свойств. В справедливости сказанного можно убедиться, если рассмотреть графики (рис. 3) изменения по подтипам влажности, степени разложения и зольности. Из графиков видно, что в залежах различных геоботанических типов наблюдается повторение средних значений влажности и степени разложения для одинаковых геоботанических подтипов. Если же среднее значение влажности и степени разложения сгруппировать по подтипам, то можно убедиться (рис. 4), что физико-механические

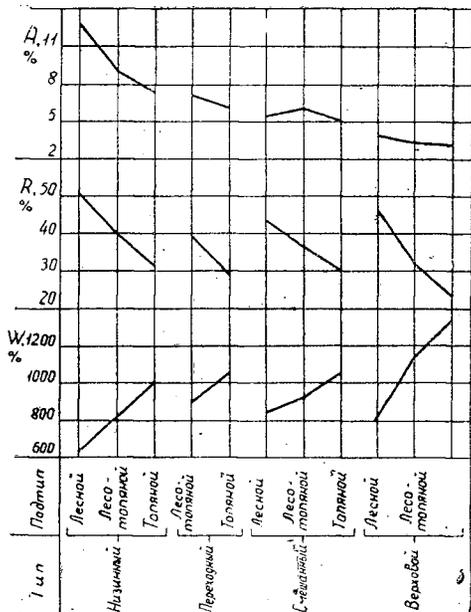
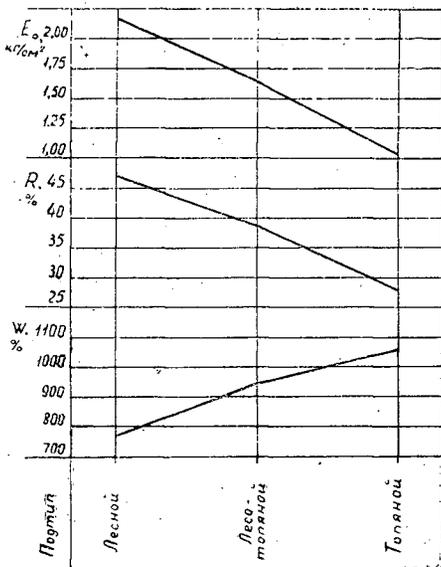


Рис. 3.

Рис. 4. Величины  $E_0$  приводятся по нашим данным.

характеристики залежей закономерно изменяются по подтипам в той же последовательности, что и свойства торфов. Поэтому для дорожно-строительных целей все болота первого и кору болот второго строительных типов можно по условиям деформируемости разделить на три строительных типа залежей: I — лесная, II — лесо-топяная и III — топяная.

Перечисленные строительные типы залежей, независимо от принадлежности их к тому или иному геоботаническому типу, соответствуют лесному, лесо-топяному и топяному подтипам залежей в классификации Московского торфяного института.

Болота, состоящие из пласта торфа одного строительного типа, относятся к одноименному строительному типу залежей. В этом случае строительный тип залежей ориентировочно может быть определен по характеру древесной растительности на поверхности болота (табл. 2).

Таблица 2

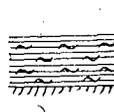
Типы залежей	Характер древесной растительности	Примечание
Лесная	Лиственный или хвойный лес высотой в 10—20 м	—
Лесо-топяная	Смешанная древесная растительность высотой 4—10 м	—
Топяная	Отдельные угнетенные деревья высотой до 4 м	Иногда встречаются более высокие сосны, как правило, отмирающие

Если болото имеет слоистое строение, то строительный тип залежей устанавливается в зависимости от толщины пластов по коэффициенту залежей, характеризующему ее деформируемость в целом. Для каждого строительного типа пластов, слагающих болото, принимается

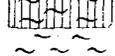
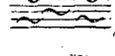
определенный коэффициент, величина которого обратно пропорциональна деформируемости данного пласта (табл. 3). По этим коэффициентам и толщинам пластов находится коэффициент залежи.

В целом дорожно-строительная классификация болот может быть представлена в виде схемы (табл. 3).

Таблица 3

Строительные типы болот						
характеристика типов болот		пласты, которые могут встречаться в данном типе	залежи, которые могут образовать данный тип		условные обозначения	
I. Болота, до дна заполненные пластами торфа, иногда частично сапронелем		1, 2, 3, 4	Лесная, лесо-топяная, топяная			
II. Болота состоят из пластов торфа и сапронеля и включают в себя пласт воды и жидких образований		1, 2, 3, 4, 5	Лесо-топяная, топяная			
III. Болота без торфа состоят из пластов воды с жидкими образованиями и сапронеля (иногда покрыты слявиной)		4,5	—			

Строительные типы пластов				Строительные типы залежей			
№ пласта	наименование	коэффициент $K_{пл}$	условные обозначения	№ залежи	наименование	коэффициент $K_z = \frac{\sum h_{пл}}{K_{пл}}$	условные обозначения
2	Лесо-топяной	2		2	Лесо-топяная	$2,4 > K_z > 1,4$	
3	Топяной	1		3	Топяная	$K_z \leq 1,4$	
4	Сапронель	1					
5	Вода с остатками растений и жидкие образования	—					

Результаты геологических обследований насыпей на болотах позволили установить характеристики деформируемости залежей различных строительных типов, получившие названия модулей остаточной осадки  $E_0$ , которые равны для лесной залежи  $21,7 \text{ т/м}^2$ , для лесо-топяной —  $16,30$ , для топяной —  $10,20$ .

Использование полученных характеристик дало возможность построить графики осадок насыпей узкоколейных и автомобильных дорог на болотах [10], [11], пользуясь которыми можно определить осадку насыпи на болотах по результатам визуальных обследований. Среднее расхождение между фактическими и расчетными величинами составляет для лесной залежи —  $4,3\%$ , для лесо-топяной —  $9,4$  и для топяной —  $10,8$ .

Таким образом, настоящая классификация дает возможность определить осадку примерно в три раза точнее, чем классификация К. С. Ордуяна.

Область применения при расчетах приведенных значений модулей остаточной осадки ограничивается давлением  $7,0 \div 8,0 \text{ т/м}^2$ . При больших давлениях необходимо употреблять другие значения и дополнительно проверять торфяное основание на устойчивость. Однако и при этом дорожно-строительная классификация болот остается прежней.

Наличие физико-механических испытаний, если они выполнялись в достаточном количестве, может значительно повысить точность расчета осадок [10]. В данном случае решающую роль будут играть не классификационные признаки, а физико-механические свойства торфов, которые определяются на основании лабораторных исследований для каждого пласта болотных отложений.

В заключение отметим, что предлагаемая дорожно-строительная классификация отражает основные этапы происхождения болот, объективно оценивает физико-механические свойства отложений, дает возможность с достаточной для практических целей точностью определять величину объемов земляных работ и ориентирует строителя на выбор схемы производства работ при устройстве насыпи.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. А. Арсеньев. Проектирование устойчивых насыпей на болотах для дорог с покрытиями различного типа. Сб. ДОРНИИ «Исследование деформаций земляного полотна», М., 1947. [2]. К. Е. Иванов. Гидрология болот. Л., 1953. [3]. Классификация видов торфа и стратиграфическая классификация торфяных залежей. М., 1951. [4]. Н. П. Кузнецова. Изучение болот с точки зрения дорожного дела. М., 1931. [5]. Н. П. Кузнецова и др. Постройка дорог облегченного типа на болотах. М., 1942. [6]. А. В. Ливеровский и др. Постройка железных дорог, т. 1, М., 1945. [7]. К. С. Ордуянц. Проектирование и возведение насыпей на болотах. Сб. «Проектирования и возведения земляного полотна в особых условиях». М., 1940. [8]. К. С. Ордуянц. Устройство железнодорожных насыпей на болотах. М., 1946. [9]. Технические условия сооружения железнодорожного земляного полотна. СН 61—59, М., 1960. [10]. А. А. Ткаченко. Исследование осадок насыпей магистральных узкоколейных дорог на болотах. Труды АЛТИ, т. 17, Архангельск, 1957. [11]. А. А. Ткаченко. Расчет осадок насыпей автомобильных дорог на болотах. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1959.

Поступила в редакцию  
17 июля 1962 г.

## ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ НА ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ ПО ЛЬДУ И СНЕГУ

**М. М. КОРУНОВ**

Профессор

(Уральский лесотехнический институт)

Работой ставилась цель проверить выводы известных английских ученых Боудена и Хьюза [5] о том, что при одинаковых прочих условиях важным фактором, влияющим на изменение коэффициента трения скольжения твердых тел по льду и снегу, является их теплопроводность. Этот вопрос, кроме теоретического интереса, имеет важное практическое значение, связанное с выбором более рационального материала для полозьев саней, самолетных, спортивных и аэросанных лыж и т. д.

В связи с этим, применительно к транспорту грузов на санях, возникает вопрос, не следует ли заменить подрезы из углеродистой стали марки Ст-3 подрезами из такого материала, который обладал бы меньшим сопротивлением при сдвиге саней с места и при их движении.

Известно, что теплота трения получается в пространстве между скользящим телом и ледяной или снежной поверхностью. За счет этой теплоты образуется тонкая водяная пленка, уменьшающая сопротивление движению по льду или снегу. Если скользящее тело хорошо проводит тепло, то это тепло будет быстро уходить через него и, следовательно, меньше останется теплоты для плавления ледяной или снежной поверхности.

Сани с медными подрезами, поэтому, должны иметь больший коэффициент трения, чем сани, имеющие стальные подрезы, так как коэффициент теплопроводности меди почти в 8 раз больше, чем стали.

Из таких предпосылок исходили при проведении своих опытов Боуден и Хьюз.

Для выяснения этого вопроса нами был проведен ряд опытов с моделями саней, спортивными лыжами, а также такими твердыми телами, как древесина сосны, стекло и др.

Сани с медными и стальными подрезами испытывались на участках спортивного катка, каждый раз после его поливки; лед был всегда зеркально гладкий. Вес санок брутто изменялся от 1 до 14 кг. Подрезы были выполнены из медных и стальных проволок диаметром 0,4 см при длине 10 см.

Необходимая сила тяги для санок измерялась самопишущим динамометром конструкции Павлова [4].

Среднее значение силы тяги и коэффициентов трения определялось после обработки диаграмм планиметром.

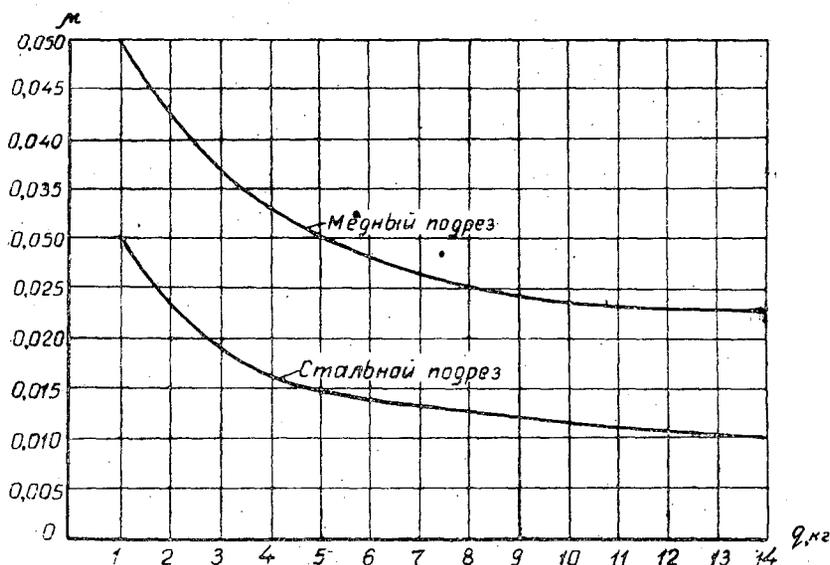


Рис. 1.

Во всех случаях наблюдений, как видно из табл. 1 и рис. 1, получилась большая разница в коэффициентах трения. Опыты, проводившиеся с различными по весу грузами, постоянно давали один и тот же характер зависимости и подтверждали вывод Боудена и Хьюза.

Таблица 1

Дата наблюдений	t, °C	Коэффициент трения саней с подрезами			$\frac{\mu_1}{\mu_2}$	Коэффициент трения саней с подрезами		
		из меди $\mu_1$ из стали $\mu_2$		из меди $\mu_1$ из стали $\mu_2$		$\frac{\mu_1}{\mu_2}$		
		при весе саней брутто 1 кг		при весе саней брутто 10 кг				
20 января . .	-14	0,068	0,030	2,3	0,035	0,017	2,0	
21 " . . .	-9	0,038	0,021	1,8	0,012	0,008	1,5	
24 " . . .	-12	1,048	0,024	2,0	0,021	0,012	1,7	
25 " . . .	-4	0,031	0,014	2,2	0,04	0,07	2,0	
26 " . . .	-7	0,052	0,025	2,1	0,022	0,013	1,7	
27 " . . .	-11	0,063	0,031	2,0	0,030	0,015	2,0	
27 " . . .	-4	0,025	0,014	1,8	0,009	0,006	1,5	

Для санок весом 1 кг среднее отношение коэффициентов равно 2, а для санок весом 10 кг — 1,8. Из таблицы видно также, как влияет температура и удельное давление на изменение коэффициента трения скольжения. (Удельное давление имеется в виду относительное, так как истинного контакта подрезов с поверхностью льда установить было невозможно.)

Проверка гипотезы о влиянии теплопроводности на изменение коэффициента трения была выполнена также на опытах со спортивными лыжами. Эти опыты проведены методом наклонной плоскости при одинаковом удельном давлении, различных скоростях движения и различных температурах воздуха.

Известно, что различная древесина в сухом состоянии имеет примерно одинаковую теплопроводность. При подборе лыж принималась во внимание и структура древесины. Было предположено, что коэффициен-

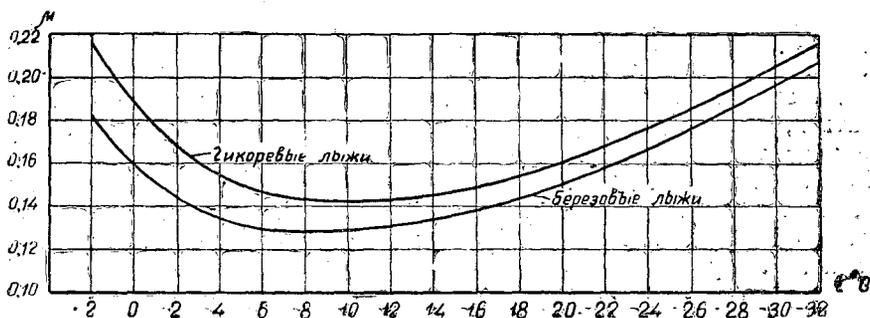


Рис. 2.

ты трения у гикоревых и березовых лыж, при одинаковой плотности снега накатанной лыжни, будут одинаковы. Опыты не подтвердили этого предположения. Разница в трении скольжения была особенно велика при температурах выше нуля и близких к 0° С; при сильных морозах она снижалась (рис. 2). Различные коэффициенты трения при разных температурах воздуха получаются, очевидно, в результате изменения в этих условиях свойств трящихся пар.

Методика наблюдений сводилась к следующему: в течение зимнего сезона на двух подготовленных участках (основном и контрольном) проводились замеры времени самоспуска одного и того же спортсмена-лыжника. Опытные участки были подготовлены так, что они имели на всей своей длине одинаковый угол наклона. Запись времени спуска велась двумя наблюдателями; секундомеры были выверены с точностью до 0,1 сек. Плотность снега на участках поддерживалась одинаковой и контролировалась снегомером-плотномером.

Опыты проводили в интервалах скорости от 3 до 6 м/сек при изменении температуры воздуха за период наблюдений от +3° до -33° С. Минимальное число наблюдений по каждой паре лыж было четыре, для каждого участка и дня наблюдений. Данные наблюдений за движением лыжника и вычисленные по ним коэффициенты трения скольжения указаны в табл. 2.

Таблица 2

Лыжи	Наблюдения				Среднее	Коэффициент трения
	1	2	3	4		
	время движения, м/сек					
Березовые . . . . .	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	0,222
Гикоревые . . . . .	6,4	6,6	6,3	6,7	6,5	0,182

Примечание. 3. IV. Опыт № 23. Опытный участок № 1. Длина пути S=37 м; угол наклона α=20°21'; скорость ветра 1 м/сек; T=+2°С.

Значение коэффициентов трения скольжения определялось по формуле

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{2S}{gt^2 \cos \alpha}$$

Последние опыты были проведены с парами весьма малой теплопроводности — лед по льду, стекло по льду — при различных скоростях движения.

Снова было сделано предположение, что если коэффициент теплопроводности, как утверждают Боуден и Хьюз, имеет большое влияние на изменение коэффициента трения, то это изменение, при одинаковых

прочих условиях, должно сильно зависеть от отношений коэффициентов теплопроводности трущихся пар. Предполагалось, что в том случае, когда это отношение возрастает, трение между парами будет уменьшаться, так как теплоты трения будет больше затрачиваться на образование тонкой водяной пленки и мало уйдет в окружающую среду. Советский ученый Я. И. Френкель [3] показал, что относительное повышение температуры на поверхности трущихся пар обратно пропорционально отношению коэффициентов их теплопроводности. Например для меди по льду

$$\frac{T - T_0(\text{медь})}{T - T_0(\text{лед})} = \frac{0,054}{0,920} = 0,058,$$

где  $T$  — температура испускающей поверхности;  
 $T_0$  — температура окружающей среды.

В одинаковых условиях были испытаны пары с указанным отношением коэффициентов теплопроводности.

Медь — лед	Сосна — лед	Сталь — лед	Лед — лед	Стекло — лед
0,058	0,16	0,45	1	31,7

Коэффициент трения скольжения льда по льду и особенно стекла по льду должен резко отличаться от других пар.

Полученные результаты не подтвердили этого предположения (см. табл. 3).

Таблица 3

Пары	Удельное давление, кг/см <sup>2</sup>	t, °C	Коэффициенты трения при скорости движения, (м/сек)				
			0,25	0,30	1,0	1,25	1,50
Сталь — лед . . .	0,25	—15	0,062	0,050	0,032	0,027	0,022
„ „ „ . . .	0,50	—11	—	0,039	0,028	—	0,020
Сосна вдоль волокон — лед . . .	0,25	—25	—	0,11	—	—	0,077
Лед — лед . . .	„	—17	0,056	0,044	—	0,022	—
Стекло — лед . . .	„	—17	0,057	—	0,028	—	0,020

Доказательством весьма малого влияния теплопроводности материалов на изменение коэффициента трения при скольжении их по льду и снегу может служить следующее: а) в теоретических исследованиях, выполненных впервые Б. П. Вейнбергом [2], а затем Б. В. Дерягиным [1], коэффициенты теплопроводности, хотя и входят в соответствующие уравнения, не принимаются в расчет вследствие того, что имеют незначительные величины; б) канадский физик Hiven [6] на основе тщательно поставленных опытов показал, что подогрев стальных полозьев мало снижает коэффициент трения скольжения их по льду.

Все это свидетельствует о том, что теплопроводность материалов существенно не влияет на изменение коэффициента трения скольжения их по льду, и снегу, вопреки утверждениям Боудена и Хьюза.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. С. С. Будневич и Б. В. Дерягин. О скольжении твердых тел по льду. «Журнал технической физики», т. XXII, вып. 2, 1952. [2]. Б. П. Вейнберг. Лед. ГИТГЛ, 1940. [3]. В. Д. Кузнецов. Физика твердого тела, т. III, Томск, 1947. [4]. Н. Павлов. Трение по снежным поверхностям. Журн. «Метеорология и гидрология» № 4, 1940. [5]. F. P. Bowden and T. P. Hyghs. Proc. Roy. Soc., London, 949, 172, 1939. [6]. C. D. Hiven. Can. j. Phys. 32, 782, 1954.

Поступила в редакцию  
30 декабря 1961 г.

## О НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ РЕЛЬСА В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ

**Л. П. БИРИЧЕВСКИЙ**

Старший преподаватель

**Н. Н. БУТОРИН**

Доцент, кандидат технических наук

**В. В. ЩЕЛКУНОВ**

Доцент, кандидат технических наук

(Архангельский лесотехнический институт)

При опытном исследовании работы железнодорожных рельсов в пути их напряженное состояние принято оценивать по измеренным относительным продольным деформациям кромок подошвы рельса в зоне действия внешней нагрузки.

Как известно [3], в зоне действия вертикальной сосредоточенной силы, кроме основных, возникают местные напряжения. Метод приближенной оценки этих напряжений для балок прямоугольного сечения на двух опорах существует [2], но для рельсов, лежащих на упругих опорах (или упругом основании), нет ни экспериментальных, ни теоретических исследований указанных напряжений.

В данной статье излагаются результаты экспериментального исследования узкоколейного рельса типа Р24, предпринятого для выяснения характера его напряженного состояния и роли местных напряжений, возникающих в зоне приложения сосредоточенного усилия.

Изучалось напряженное состояние отрезка рельса на четырех упругих опорах при действии сосредоточенной силы  $P = 3000$  кг, приложенной к головке рельса в среднем пролете по оси симметрии поперечного сечения. Упругими опорами служили деревянные бруски (шпалы), работающие как балки на двух опорах с одинаковыми пролетами. Это обеспечивало линейную зависимость между давлением на опору и ее осадкой. Схема опыта показана на рис. 1.

Для измерения относительных деформаций в выбранных десяти поперечных сечениях использовались проволочные датчики с базой 10 мм. По контуру каждого поперечного сечения относительные деформации измерялись в 18 точках (рис. 3). Размеры датчиков и поперечного сечения рельса не позволили наклеить сразу все три датчика, образующие розетку деформаций. Поэтому опыт был повторен трижды. В первый раз датчики наклеивались параллельно продольной оси рельса, второй (в тех же точках) — перпендикулярно ей и третий — под углом  $45^\circ$ .

По измеренным в трех направлениях относительным деформациям известными методами рассчитывались главные напряжения и углы их

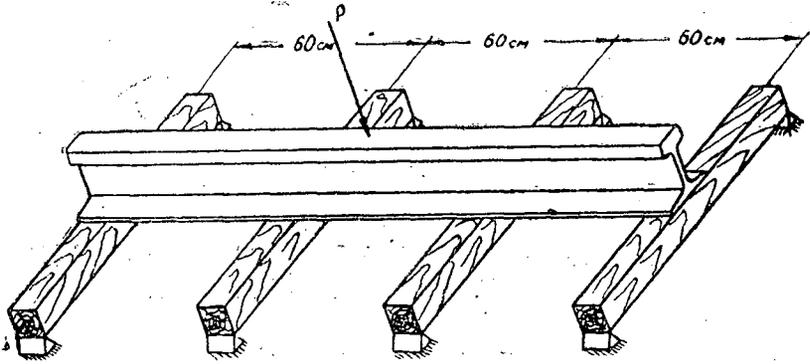


Рис. 1.

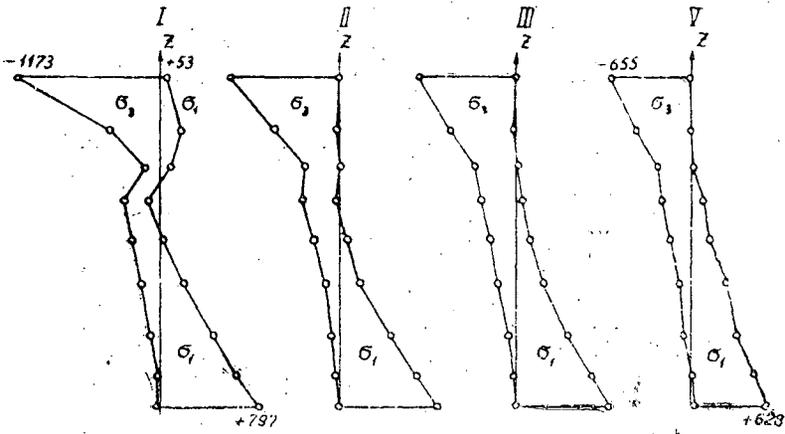


Рис. 2.

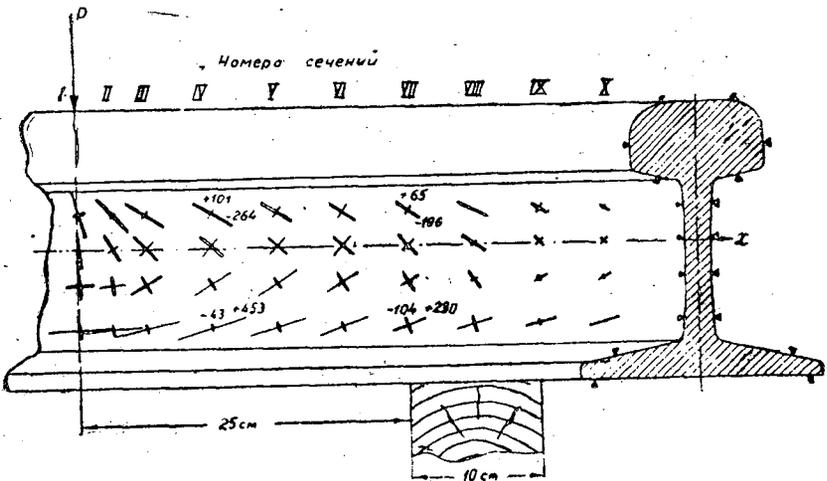


Рис. 3.

наклона к продольной оси балки, а также продольные, вертикальные и касательные напряжения. Чтобы исключить влияние возможного скручивания рельса, относительные деформации в каждой из девяти точек контура принимались как средние арифметические из показаний пары датчиков, симметрично расположенных относительно вертикальной оси поперечного сечения.

На рис. 2 показаны эпюры главных напряжений в сечениях I, II, III и V. Здесь три верхние точки принадлежат головке, две нижние — подошве и четыре средние — шейке (см. рис. 3). Как видно из рис. 2, на контуре головки и подошвы рельса напряженное состояние практически является линейным. Следовательно, здесь можно ограничиться замером только продольных деформаций.

Поле главных напряжений на шейке рельса для всех исследованных сечений представлено на рис. 3. На участке рельса между зоной действия внешней нагрузки и опоры (сечения IV—VI и X) главные напряжения и их направление изменяются закономерно, как по поперечному сечению, так и по длине балки, в соответствии с теорией сопротивления материалов. В сечениях же, расположенных вблизи от места приложения сосредоточенной силы (I и III\*) и опоры (VII—IX), кроме основных, возникают местные напряжения, изменяющие как величину, так и направление главных.

Эпюры продольных напряжений для первых пяти сечений представлены на рис. 4. Для сечения I показана также эпюра напряжений в рельсе как в балке на четырех упругих опорах, подсчитанная методами сопротивления материалов. При расчете нужно знать жесткость опор и коэффициент  $\gamma$ , представляющий собой отношение силы, вызывающей прогиб рельса как балки на двух опорах с пролетом  $2l$ , равный единице, к усилию, вызывающему такую же просадку шпалы.

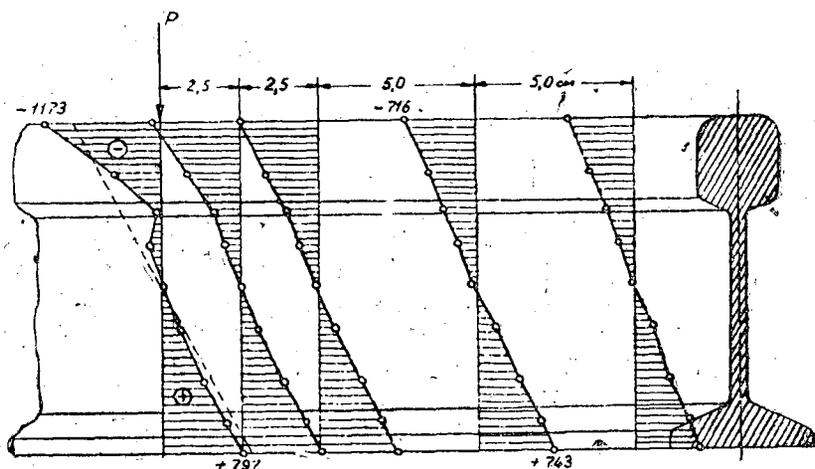


Рис. 4.

Этот коэффициент можно определить по измеренному прогибу рельса или по напряжениям в каком-либо сечении, удаленном как от места приложения внешней нагрузки, так и от опоры. Если балка опирается на опоры так, как предусмотрено в схемах сопротивления ма-

\* Неравенство нулю угла наклона главных напряжений в сечении I объясняется неточностями в приложении внешней нагрузки.

териалов, то по обоим методам должен получиться один и тот же результат. В нашем случае устройство опор не соответствует принятым в сопротивлении материалов схемам (опоры не точечные и не имеют достаточной подвижности в продольном направлении).

Согласно принципу Сан-Венана, напряжения, в зависимости от способа расположения балки на опорах, будут существенно меняться только вблизи опорного сечения; перемещения же при этом будут различны на всем протяжении бруса. Поскольку в данной статье рассматривается напряженное состояние рельса, то и коэффициент  $\gamma$ , очевидно, следует определять по напряжениям.

Коэффициент  $\gamma$  был найден по измеренным продольным напряжениям в подошве рельса в V сечении, равно отстоящим как от точки приложения силы, так и от опоры. Для условий опыта он оказался равным 9. При подсчете по экспериментальным данным в сечении, где приложена внешняя нагрузка, он равнялся бы 4,7. Такая большая разница объясняется наличием в этом сечении местных напряжений и сравнительно пологой кривой зависимости изгибающего момента от  $\gamma$ .

Разность между измеренными и основными продольными напряжениями, рассчитанными по экспериментально найденной  $\gamma$  (в сечении V), дает местные напряжения. Расчетные формулы для определения напряжений предполагают рельс как балку на точечных опорах, отличающуюся от действительных условий работы рельса в эксперименте. Но использование для расчетов  $\gamma$ , полученной непосредственно из опытов путем пересчета по тем же формулам, обеспечивает надлежащую точность.

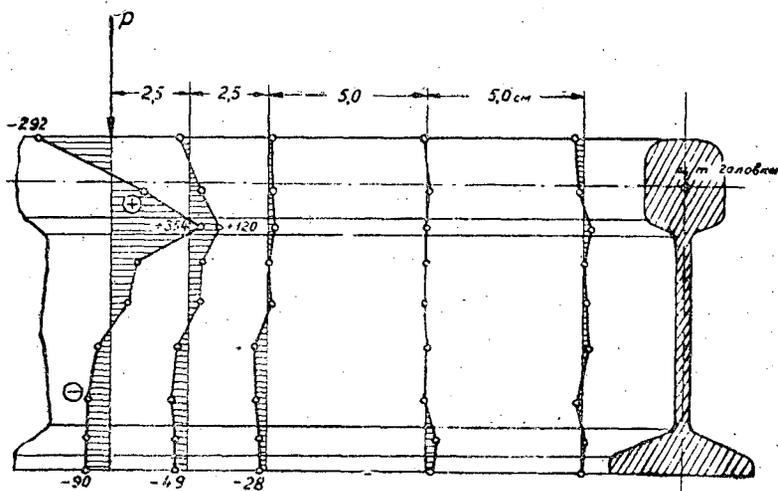


Рис. 5.

На рис. 5 показаны эпюры местных продольных напряжений для первых пяти сечений. Как видно из рисунка, в зоне действия сосредоточенной силы они локализуются на расстоянии менее 10 см от точки приложения силы. Эпюры напряжений в сечениях IV и V полностью соответствуют расчетным; разброс экспериментальных точек здесь является случайным. Местные продольные напряжения в сечении I увеличивают основные напряжения на верхней грани головки на 33% при  $\gamma = 9$  и на 48% при  $\gamma = 4,7$  и уменьшают их на нижней грани головки и подошве. Такого же порядка местные продольные напряжения на

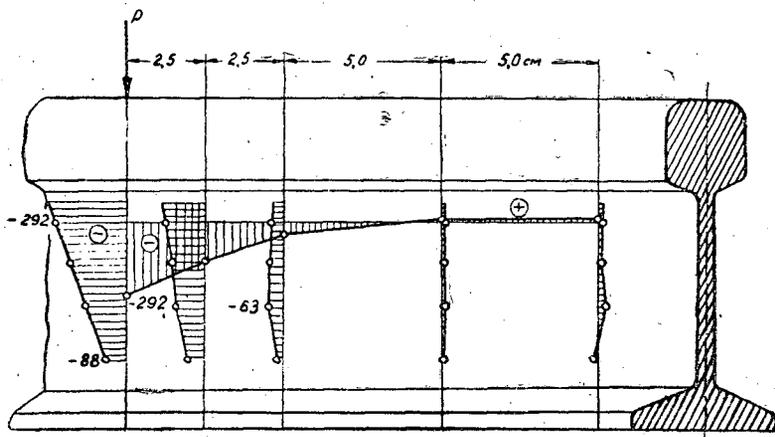


Рис. 6.

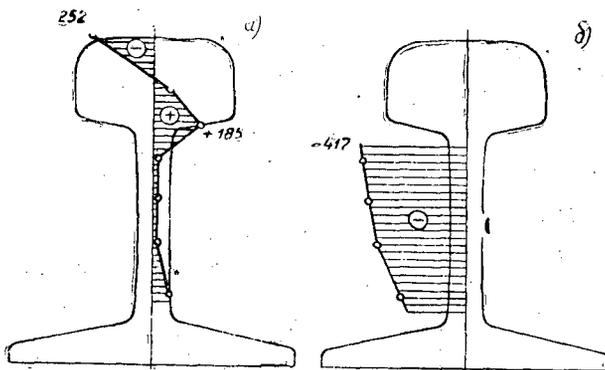


Рис. 7.

верхней грани головки были обнаружены ранее [1] при исследовании рельса как балки на двух жестких опорах. Следовательно, при определении продольных напряжений в головке рельса по измеренным относительным продольным деформациям кромок подошвы в месте приложения нагрузки нужно учитывать местные напряжения, в противном случае получаются значительные отклонения. Для напряжений в подошве рельса эти отклонения невелики.

Эпюры местных вертикальных напряжений в шейке для сечений I—V приведены на рис. 6. Здесь же показано, для одного из волокон, распределение их по длине рельса. Вертикальные напряжения в шейке практически локализуются на расстоянии до 10 см от точки приложения внешней нагрузки.

Касательные напряжения в части рельса, удаленной как от места приложения силы, так и от опоры, соответствуют по величине и эпюре расчетным. Перерезывающая сила, определенная по измеренным касательным напряжениям в сечении IV, равна 1585 кг, что отличается от точного значения (1500 кг) на 5,7%.

В дополнение к описанным опытам были измерены относительные деформации в тех же точках для случая, когда рельс размещался на одной шпале, лежащей на жестком основании, а внешняя нагрузка приложена над опорой. При этом в балке возникают только одни местные

напряжения. Эпюры продольных напряжений  $a$  в поперечном сечении и вертикальных  $b$  в шейке рельса для этого случая показаны на рис. 7. Местные продольные и вертикальные напряжения примерно такие же, как в рельсе, лежащем на четырех упругих опорах.

### Выводы

1. В месте приложения внешних сил возникают значительные местные напряжения, увеличивающие на верхней грани головки основные напряжения от изгиба рельса. С увеличением жесткости опор (основания) уменьшаются основные напряжения, а местные изменяются мало (рис. 3 и 7), поэтому значение последних возрастает.

2. Необходимо дальнейшее экспериментальное изучение напряженного состояния рельса для других видов внешних нагрузок.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Л. П. Биричевский, Н. Н. Буторин, В. В. Щелкунов. Продольные нормальные напряжения на контуре профиля узкоколейных рельсов. Труды АЛТИ, т. XVIII, 1957. [2]. С. П. Тимошенко. Теория упругости. Изд-во технико-теоретической литературы, 1934. [3]. М. М. Филоненко-Бородич. Теория упругости. ОНТИ, 1947.

Поступила в редакцию  
5 июля 1962 г.

## К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСИЛИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ТАКЕЛАЖНЫХ КРЕПЛЕНИЯХ СЕКЦИОННЫХ ПЛОТОВ \*

С. А. ВЛАДИМИРОВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

В течение 1959—1961 гг. в Архангельском лесотехническом институте были проведены исследовательские работы по созданию наиболее эффективного типа плота для Северодвинского бассейна, в результате которых создан и внедрен в производство секционный плот «ЦНИИЛесосплава — ЛИИВТа — АЛТИ — М». В текущем семилетии, начиная с навигации 1960 г., этот тип плота принят основным для Северодвинского бассейна. Методы измерения усилий в такелажных креплениях, результаты исследования и описание конструкции плота опубликованы нами ранее \*\*. Вопрос об определении этих усилий до настоящего времени не был разработан.

Натурные исследования секционных плотов в различные периоды навигации при различных горизонтах (высших, средних и близких к минимальным) позволили найти метод определения усилий в такелажных креплениях плотов. Движущийся совместно с водой плот представляет сложную гидромеханическую систему. В вертикальной плоскости на него действуют силы выталкивания, которые в совокупности составляют вертикальную силу, в горизонтальной — силу сопротивления жидкости движению тела. Наибольший интерес представляет вторая, при этом делается допущение, что вертикальные силы не оказывают существенного влияния на движение в горизонтальной плоскости.

Уравнение неравномерного поступательного движения плота в общем виде выглядит так:

$$R_{пл} + (m + \lambda) \frac{dv}{dt} = F_r + R_t, \quad (1)$$

где  $R_{пл}$  — сопротивление воды движению плота, кг;

$m$  — масса плота, кг;

$$m = \frac{G_{пл}}{g};$$

$G_{пл}$  — вес плота, кг;

$g$  — ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>;

$v$  — скорость перемещения плота относительно воды, м/сек;

\* Работа проводилась под руководством канд. технических наук Г. А. Манухина.

\*\* «К вопросу об усилиях, возникающих в такелажных креплениях секционных речных плотов». ИВУЗ, «Лесной журнал» № 6, 1961.

$t$  — время, сек;  
 $F_r$  — сила тяги на гаке буксировщика, кг;  
 $R_l$  — сила влечения плота от уклона пути, кг;

$$Ri = G_{пл}i;$$

$i$  — уклон пути;

$\lambda$  — присоединенная масса воды,  $\frac{\text{кг/сек}^2}{\text{м}}$ .

В данном случае присоединенная масса  $\lambda$  формально добавляется к массе плота  $m$  в виде дополнительного слагаемого и условно считается движущейся в том же направлении и с тем же ускорением, что и плот. Поэтому в дальнейшем будем обозначать

$$(m + \lambda) \frac{dv}{dt} = M \frac{dv}{dt}.$$

Как показали проведенные исследования, буксировка плотов обычно происходит при постоянном режиме работы машины паротеплохода-буксировщика. В этих условиях движение плота в целом, без большой погрешности, можно принять как равномерно-поступательное на данном участке пути. Поэтому ускорение плота

$$M \frac{dv}{dt} = 0.$$

Сила влечения плота от уклона пути  $R_l$  для равнинных рек невелика. Так, например, для р. Сев. Двины при среднем уклоне  $i = 0,00005$  и для плота среднего объема в 18 тыс.  $\text{м}^3$   $R_l \approx 700$  кг. Ввиду этого величина  $R_l$  не оказывает существенного влияния на буксируемый плот, и так как она действует в том же направлении, что и  $F_r$ , ею можно пренебречь.

В случае установившегося движения системы буксировщик + плот можно считать, что

$$R_{пл} = F_r. \quad (2)$$

Рассмотрим силы, действующие на плот. Предположим, что движение плота, состоящего из отдельных счалов — секций, прямолинейно и происходит со скоростью  $v_{пл}$ , превышающей скорость течения воды  $v_в$ . Предположим также, что действующие силы приложены к диаметральной плоскости плота. При движении каждая секция обладает собственным сопротивлением ( $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$ ), а общее сопротивление равно

$$R_{пл} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum_{m=1}^n R_m.$$

Так как секции плота движутся в попутном потоке, то

$$R_1 > R_2 > R_3 > \dots > R_n.$$

Принципиальная схема сил, действующих на плот, показана на рис. 1.

Опыты ЦНИИЛесосплава в лабораторных условиях показали, что при прямолинейном движении секций наблюдается эпюра усилий, представленная на рис. 2.

Сопротивление секций относительно друг друга, по данным ЦНИИЛесосплава, изменяется по линейному закону, то есть

$$R_2 = a_1 \cdot R_1; \quad R_3 = a_2 R_2 \dots R_n = a_{n-1} R_{n-1},$$

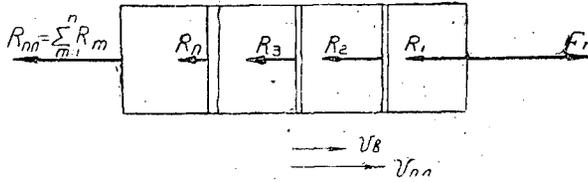


Рис. 1.

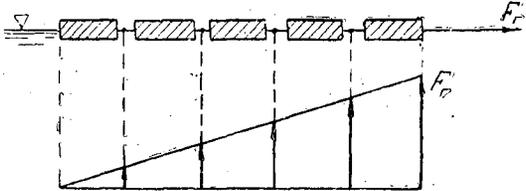


Рис. 2.

где  $R_1, R_2, R_3... R_n$  — сопротивление соответствующих секций;  
 $a_1, a_2, a_3... a_{n-1}$  — безразмерный коэффициент, учитывающий степень уменьшения сопротивления последующих секций по отношению к предыдущим.

При движении плота по криволинейному участку пути силы  $R_1, R_2, R_3... R_n$  и их уравнивающие (действующие силы)  $F_1, F_2... F_n$  направлены по касательной к траектории движения. Кроме того, в этом случае возникают центробежные силы инерции  $I$ , перпендикулярные к касательным.

Принципиальная схема сил показана на рис. 3.

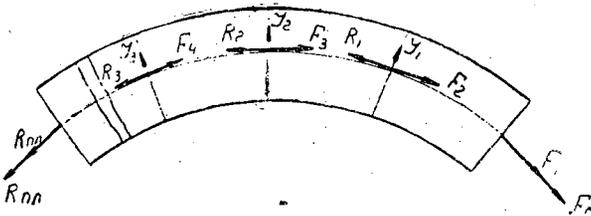


Рис. 3.

В практических расчетах секционный плот принимают полужестким, то есть составленным из жестких секций, соединенных последовательно гибкими связями.

Заменяв реакции  $R_1, R_2, R_3... R_n$  равными им по величине действующими силами  $F_1, F_2, F_3... F_n$ , разложим последние на составляющие по направлению диаметральных плоскостей секций плота и по нормали к действующим силам. Принципиальная схема сил представлена на рис. 4.

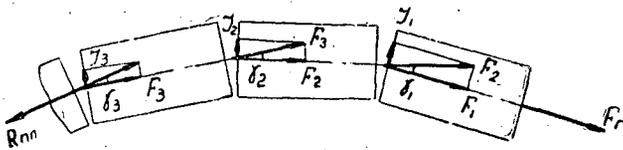


Рис. 4.

Значение действующих сил может быть найдено по формулам

$$F_2 = \frac{a_1 \cdot F_1}{\cos \gamma_1}; \quad F_3 = \frac{a_2 \cdot F_2}{\cos \gamma_2} \dots F_n = \frac{a_{n-1} \cdot F_{n-1}}{\cos \gamma_{n-1}}, \quad (3)$$

где  $F_1, F_2, F_3 \dots F_n$  — силы, действующие на секции плота;  
 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3 \dots \gamma_n$  — угол между направлением диаметральных плоскостей двух смежных секций.

Общее сопротивление плота  $R_{пл}$  определится как сумма его составляющих

$$R_{пл} = F_r = \sum_{m=1}^n \frac{a_{m-1} \cdot F_{m-1}}{\cos \gamma_{m-1}}. \quad (4)$$

Основным фактором, определяющим величину действующего на секцию плота усилия, является сила тяги на гаке буксировщика  $F_r$ . Эта сила обычно передается плоту через два буксирных троса, закрепленных одним концом к борту плота, а другим — на гаке паротеплохода.

Рассмотрим случай установившегося прямолинейного движения системы буксировщик + плот, когда диаметральные плоскости судна и плота совпадают (рис. 5).

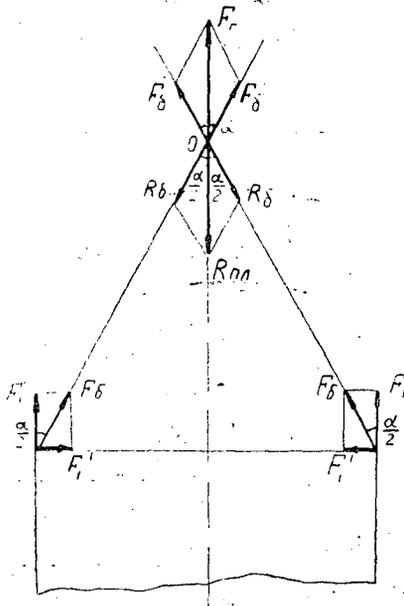


Рис. 5.

В этом случае  $R_{пл} = F_r$  лежит в диаметральной плоскости системы. Разложим  $R_{пл}$  на составляющие. Величины усилий, приходящихся на правый и левый буксирные тросы, одинаковы, то есть  $R_{6(n)} = R_{6(n)}$ .

$R_6$  определится из выражения

$$R_6 = \frac{R_{пл}}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_r}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} = F_6, \quad (5)$$

где  $\alpha$  — угол расхождения буксирных тросов.

Заменим реакцию силы равной ей по величине действующей силой  $F_6$ . Эта сила приложена к борту пловта и раскладывается на составляющие  $F_1$  и  $F_1'$ . Сила  $F_1 = F_6 \cos \frac{\alpha}{2}$  вызывает поступательное движение и действует на продольные такелажные элементы пловта. Сила  $F_1' = F_6 \sin \frac{\alpha}{2}$  сжимает головную торцовую часть пловта, так как величина сил  $F_1'$ , приходящихся на правый и левый борты, одинакова:  $F_{1'(л)} = F_{1'(п)}$ .

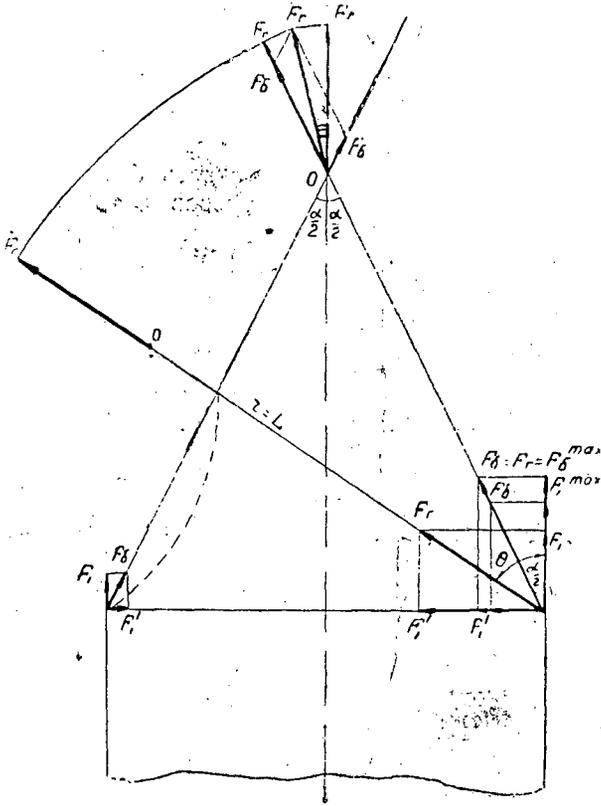


Рис. 6.

Рассмотрим случай, когда буксировщик отклонится от направления диаметральной плоскости пловта на некоторый угол  $\beta$  (например, влево, рис. 6).

В этом случае направление силы тяги  $F_r$  также отклонится на некоторый угол  $\beta$ . Разложив силу  $F_r$  на составляющие, мы видим, что усилие в одном из буксирных тросов ( $F_{6(п)}$ ) возросло, а в другом ( $F_{6(л)}$ ) упало.

Зависимость между силой тяги на гаке  $F_r$  и величиной усилия, передаваемого на буксирные тросы  $F_6$  при повороте буксировщика на угол  $\beta$  определяется следующим выражением.

$$F_6 = \frac{F_r}{\sin \alpha} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right). \quad (6)$$

Знак плюс соответствует натяжению буксирного троса, минус — его ослаблению.

Соответственно с величиной натяжения в буксирном тросе будут возрастать или уменьшаться бортовые нагрузки  $F_1$  и  $F_1'$ .

Проанализируем выражение (6).

1)  $\beta = 0$ ;

$$F_6 = \frac{F_r}{\sin \alpha} \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{F_r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{F_r}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}.$$

Это выражение соответствует уже рассмотренному случаю прямолинейного поступательного движения системы.

2)  $\beta = \frac{\alpha}{2}$ .

В этом случае диаметральной плоскость буксировщика совпадает с направлением одного из буксирных тросов.

$$F_6 = \frac{F_r}{\sin \alpha} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha}{2} \right) \text{ или } F_6 = F_r,$$

то есть вся нагрузка  $F_r$  передается на один из них (в данном случае на правый). Усилие, передаваемое натянутым буксирным тросом на борт плота, равно

$$F_{1(II)} = F_r \cdot \cos \frac{\alpha}{2}.$$

Нагрузка во втором тросе  $F_{6(II)} = 0$ , сила  $F'_{1(II)} = F_r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$  возрастает, и под ее действием плот будет разворачиваться в требуемом направлении.

3)  $\beta > \frac{\alpha}{2}$ .

В этом случае буксировщик начинает двигаться по дуге окружности с радиусом  $r = L$ , где  $L$  — длина буксирного троса. При этом увеличивается и угол между направлением буксирного троса и бортом плота, достигая какого-то значения  $\Theta$ . С увеличением угла  $\cos \frac{\alpha}{2}$  становится больше  $\cos \Theta$ , а  $F_r \cdot \cos \frac{\alpha}{2} > F_r \cdot \cos \Theta$ , то есть при  $\beta > \frac{\alpha}{2}$  усилие  $F_1 = F_r \cdot \cos \Theta$  будет уменьшаться по сравнению с предыдущим случаем. Отсюда можно сделать заключение, что максимальная сила, действующая на продольный такелаж, возникает при  $\beta = \frac{\alpha}{2}$  и  $\Theta = \frac{\alpha}{2}$ .

Поэтому величина максимального бортового усилия

$$F_1^{max} = F_r \cdot \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (7)$$

Сила  $F'_1 = F_r \cdot \sin \Theta$  возрастает еще более, чем в ранее рассмотренных случаях, что вызывает и более интенсивный разворот плота.

Рассмотрим теперь усилия, действующие на отдельные секции плота.

Сила  $F_1 = F_6 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$ , в основном, воспринимается бортовым лежнем I секции.

Так как

$$F_0 = \frac{F_r}{\sin \alpha} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right),$$

то величина усилия в I секции выразится следующим уравнением:

$$F_{I \text{ сек}} = \frac{a_0 \cdot F_r}{\sin \alpha} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (8)$$

где  $a_0$  — безразмерный коэффициент, учитывающий передачу части нагрузки на растяжки — усы.

Величина усилий в бортовых креплениях последующих секций может быть определена из уравнения (3)

$$F_n = \frac{a_{n-1} \cdot F_{n-1}}{\cos \gamma_{n-1}}.$$

Эти силы в конечном итоге передаются на бортовые лежни, к которым подвешиваются секции, и направлены по касательной к бортам плота. Принципиальная схема действующих сил представлена на рис. 7.

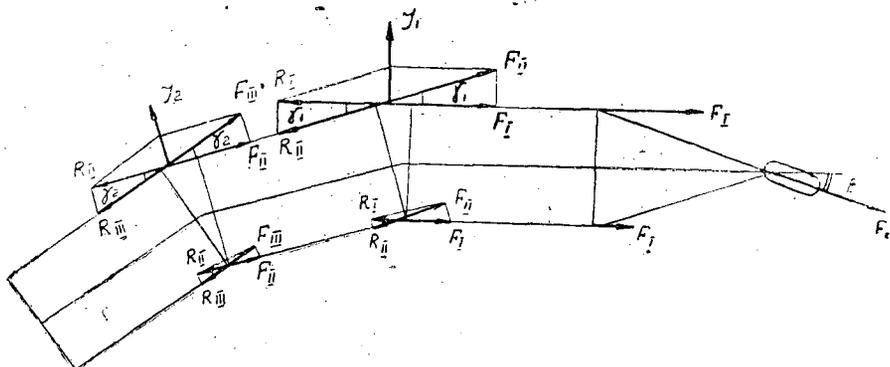


Рис. 7.

Исходя из уравнения (3), зависимости для определения усилий во второй, третьей и последующих секциях могут быть выражены в следующем виде

$$F_{II \text{ сек}} = \frac{a_1 F_{I \text{ сек}}}{\cos \gamma_1} = \frac{a_0 \cdot a_1 \cdot F_r}{\sin \alpha \cdot \cos \gamma_1} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \cos \frac{\alpha}{2}; \quad (9)$$

$$F_{III \text{ сек}} = \frac{a_2 \cdot F_{II \text{ сек}}}{\cos \gamma_2} = \frac{a_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot F_r}{\sin \alpha \cdot \cos \gamma_1 \cdot \cos \gamma_2} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \cos \frac{\alpha}{2}; \quad (10)$$

$$F_{n \text{ сек}} = \frac{a_{n-1} \cdot F_{n-1}}{\cos \gamma_{n-1}} = \prod_{m=1}^n \frac{a_{m-1} \cdot F_r}{\sin \alpha \cdot \cos \gamma_{m-1}} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (11)$$

где  $F_{n \text{ сек}}$  — величина усилия, приходящегося на борт  $n$ -ой секции, кг;

$a_1, a_2, a_3 \dots a_{n-1}$  — коэффициент, учитывающий величину изменения действующей силы в двух смежных секциях;

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3 \dots \gamma_{n-1}$  — угол между направлением бортов двух смежных секций.

Знак плюс соответствует натяжению борта секции, минус — его ослаблению.

Максимальное значение усилия в бортовом лежне  $n$ -ой секции будет при  $F_6 = F_r$  или

$$F_{max}^n = \prod_{m=1}^n \frac{a_{m-1} \cdot F_r}{\cos \gamma_{m-1}^{max}} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (12)$$

Как показали проведенные исследования, при возрастании нагрузки в буксирном тросе  $F_6$  растет и величина угла  $\gamma$ . Максимальная величина угла  $\gamma^{max}$  по данным опытов, а также других исследований, для секционных плотов не превышает  $30^\circ$ .

Выражение (12) является расчетным для определения усилий в такелажных креплениях плота.

Для передачи нагрузок с внутренних секций на бортовые лежни в конструкциях секционных плотов предусмотрено устройство растяжек — усов. Схема сил, действующих на усы, показана на рис. 8.

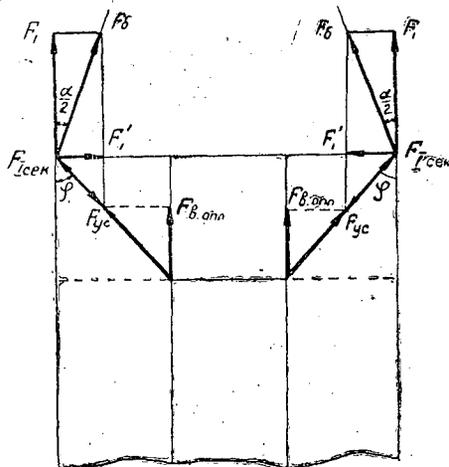


Рис. 8.

Величину усилия, приходящегося на ус, можно представить как результат одновременного действия сил  $F_1$  и  $F_1'$ . Проекции этих сил на ус имеют встречное направление, то есть

$$F_{уса} = \frac{F_1}{\cos \varphi} - \frac{F_1'}{\sin \varphi},$$

где  $\varphi$  — угол между направлением уса и борта плота.

В развернутом виде формула имеет вид

$$F_{уса} = \frac{F_r}{\sin \alpha \cdot \cos \varphi} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - \frac{F_r}{\sin \alpha \cdot \sin \varphi} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{F_r}{\sin \alpha} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \cdot \left( \frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\cos \varphi} - \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \varphi} \right). \quad (13)$$

Анализ сил, действующих на другие такелажные крепления плота, дает возможность получить следующие зависимости:

а) для внутреннего продольного оплотника, соединенного с усом,

$$F_{в.о} = \frac{aF_r}{\sin \alpha} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \frac{\cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \varphi - \cos \varphi \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \varphi \cdot \cos \gamma}; \quad (14)$$

б) для поперечного оплотника

$$F_{п.о} = \frac{a \cdot F_r \cdot \sin \psi}{\sin \alpha} \cdot \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \cos \frac{\alpha}{2}; \quad (15)$$

в) для продольного бортового оплотника

$$F_{п.б.о} = \frac{a \cdot F_r \cdot \cos \psi}{\sin \alpha} \sin \left( \frac{\alpha}{2} \pm \beta \right) \cdot \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (16)$$

где  $a$  — опытный коэффициент, учитывающий величину изменения силы тяги буксировщика при ее передаче на соответствующее такелажное крепление;

$\psi$  — угол, зависящий от величины прогиба поперечного оплотника, который на опытных плотках не превышал  $70^\circ$ .

На рис. 9 приводятся графики зависимости между величинами усилия в важнейших такелажных креплениях плота  $F_{тк}$  и нагрузки в буксирном тросе  $F_6$ . Кривые построены на основании экспериментальных данных, полученных в 1959—1961 гг. Буксировка опытных плотов про-

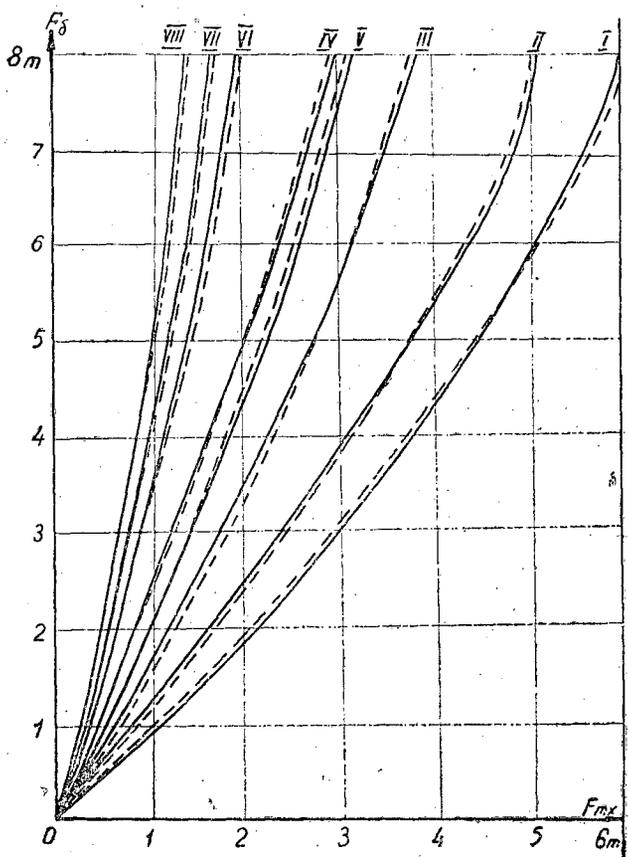


Рис. 9.

изводилась паротеплоходами мощностью в 450 л. с. Тяговое усилие на гаке достигало 8 т.

Номера кривых обозначают места натуральных измерений: I — первая секция; II — вторая; III — третья; IV — четвертая; V — уса; VI — внутренний продольный оплотник; VII — поперечный оплотник; VIII — наружный продольный оплотник.

Экспериментальные кривые позволяют определить величину отношения максимальных сил, возникших в такелажных элементах плота, к максимальному усилию тяги буксировщика.

Назовем это отношение коэффициентом передачи  $K$ .

$$K = \frac{F_{\text{тк}}^{\text{max}}}{F_{\text{г}}}, \quad (17)$$

где  $F_{\text{тк}}^{\text{max}}$  — максимальное усилие, действующее на такелажное крепление.

Величина коэффициента передачи  $K$ , полученная на основании опытных данных, для I секции составляет 0,75, для II — 0,65, III — 0,50, IV — 0,38, V — 0,35, для уса — 0,40, для продольного внутреннего оплотника — 0,23, поперечного — 0,22, продольного наружного — 0,20.

Зная величину коэффициента  $K$ , можно определить величину коэффициента  $\alpha$ , учитывающего степень изменения силы тяги на гаке буксировщика при передаче ее на то или иное такелажное крепление плота. Например, максимальная величина усилия для бортового лежня  $n$ -ой секции плота, согласно уравнению (12), равна

$$F_{n \text{ тк}}^{\text{max}} = \prod_{m=1}^n \frac{a_{m-1} F_{\text{г}}}{\cos \gamma_{m-1}^{\text{max}}} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}.$$

Из этого выражения следует

$$\frac{F_{n \text{ тк}}^{\text{max}}}{F_{\text{г}}} = \prod_{m=1}^n \frac{a_{m-1} \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos \gamma_{m-1}^{\text{max}}} = K,$$

откуда

$$a_{m-1} = \prod_{m=1}^n \frac{K \cdot \cos \gamma_{m-1}^{\text{max}}}{a_{m-1} \cos \frac{\alpha}{2}}.$$

Графики зависимости между величиной усилия в такелажных креплениях плота и усилием на гаке, построенные по выведенным зависимостям (на рис. 9 они показаны пунктирными линиями), дают отклонение от экспериментальных на  $\pm 8\%$ .

Теоретические кривые, полученные для буксировщиков большой мощности (с тяговым усилием на гаке до 16 т), изменяются так же, как для описанных ранее. Это позволяет сделать вывод о том, что величина коэффициента  $K$  одинакова для плотов, буксируемых паротеплоходами любой мощности. Следовательно, для определения усилия в любом такелажном креплении плотов можно пользоваться зависимостью

$$F_{\text{тк}} = K \cdot F_{\text{г}}.$$

## ВЫБОР ТИПА ЗАПАНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМНОГО ВЕСА ДРЕВЕСИНЫ

А. М. КАРАБАЕВ

Доцент, кандидат технических наук

(Сибирский технологический институт)

Свежесрубленная древесина, особенно лиственных пород и лиственницы, обладает сравнительно малым запасом плавучести, что требует постоянного совершенствования способов подготовки ее к сплаву, а также разработки рациональных методов его проведения, обеспечивающих минимальные потери от утопа и разноса.

Ниже излагаются основные положения и выводы проведенных нами теоретических и экспериментальных исследований по вопросу формирования пыжа из бревен с большим объемным весом и выбора рациональных типов запаней, обеспечивающих надежное удержание древесины.

### *Влияние объемного веса древесины на форму пыжа*

Для выбора рационального типа запани необходимо изучить влияние объемного веса древесины на толщину и осадку пыжа, а также на величину подпорного горизонта воды.

Для установления первой зависимости ставились опыты по формированию пыжей в лотке с соотношением  $B : h_6$  от 3,5 до 35 из модельных бревен различного объемного веса. На рис. 1 представлено изменение осадки пыжа  $t$  по его длине в зависимости от объемного веса древесины  $\gamma$  и скорости течения.

В головной части пыж из бревен с большим объемным весом доходит до дна и на длине до 1,5  $B$  отношение  $\frac{t}{h_6}$  равно 1.

При выборе запани нужно знать осадку и толщину пыжа для различных условий его формирования. В результате проведенных опытов установлено отношение осадки пыжа  $t$  к бытовой глубине  $h_6$ . Для наглядного представления этой зависимости  $\frac{t}{h_6} = f(\gamma)$  на основе экспериментальных данных построен график (рис. 2).

Кроме того, ЦНИИЛесосплава, на основе своих исследований, установил, что отношение подводной толщины пыжа к полной в плавающем пыже весьма близко к объемному весу древесины.

Фактическое количество древесины, находящейся в лесохранилище, рекомендуется определять по измеренной надводной части пыжа. Пыж, сформированный из древесины с большим объемным весом, в головной

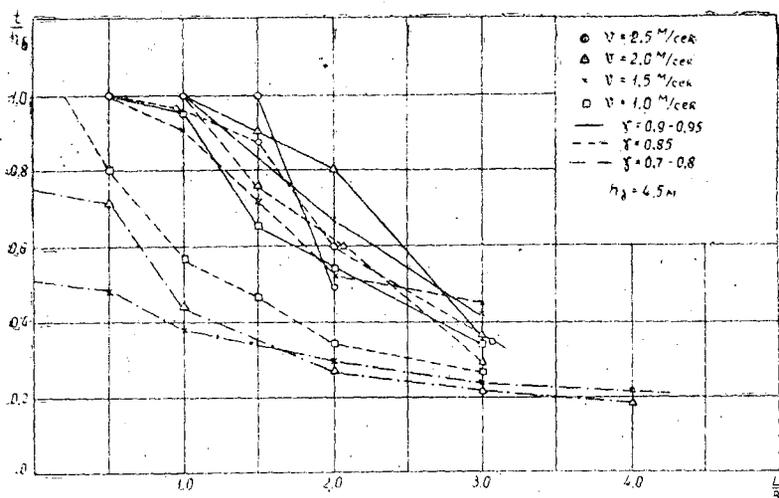


Рис. 1.

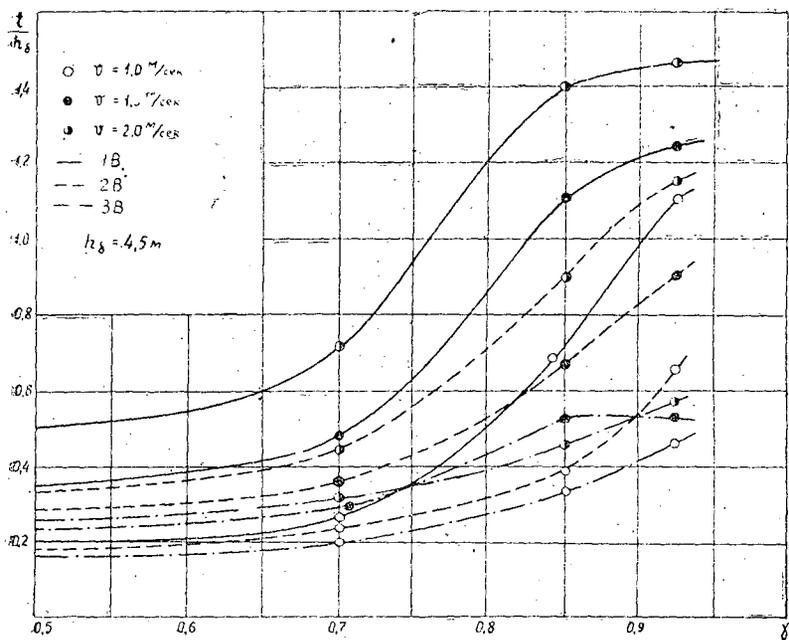


Рис. 2.

части доходит до дна; указанные выше соотношения к этой части не применимы. Так, у пыжей из бревен с объемным весом 0,9—0,95, в головной части отношение  $\frac{t}{H}$  достигает 0,5—0,6 ( $H$  — полная толщина пыжа).

По данным проведенных исследований построен график изменения отношения осадки к толщине пыжа по его длине в зависимости от объемного веса древесины (рис. 3). Из графика видно, что на длине пыжа в  $1B$ — $1,5B$  от запани отношение  $\frac{t}{H}$  меньше относительного объемного веса древесины, образующей пыж, и только на удалении

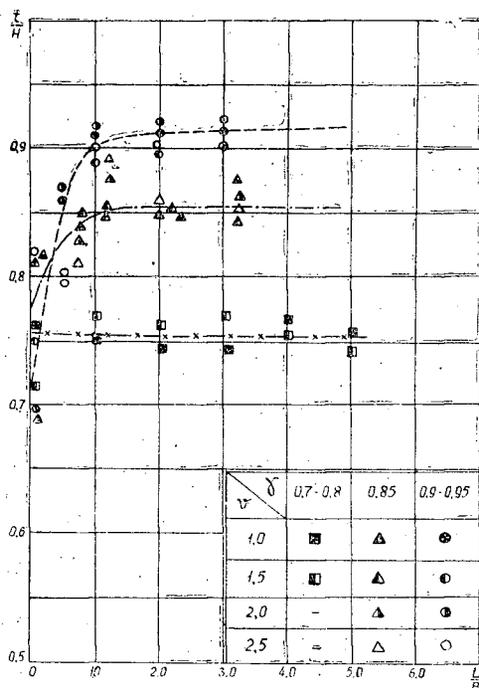


Рис. 3.

$TB = 1,5B$ , где пыж находится на плаву, это отношение близко к относительному объемному весу древесины.

Это объясняется тем, что в головной части пыж доходит до дна и в период формирования под действием вышележащей части деформируется, увеличивает толщину за счет надводной части. Это обстоятельство должно быть учтено при определении фактического количества древесины в запани и особенно при коротких пыжах, где должна измеряться не надводная часть пыжа, а вся толщина его.

*Влияние объемного веса древесины на величину подпорного горизонта воды*

Для изучения этого вопроса в опытах мерными иглами измерялись подпорные горизонты воды в лотках на различном удалении от запани.

Сравнение наших результатов с данными ЦНИИЛесосплава (для бревен с объемным весом 0,7—0,8) показало, что подпорный горизонт значительно больше от пыжей, сформированных из бревен с большим объемным весом. ЦНИИЛесосплава вывел формулу

$$Z = -h_0 + \sqrt{h_0^2 + 2 \frac{(\tau_c + \tau) \cdot l}{\gamma}}$$

где  $Z$  — превышение над бытовым горизонтом на расстоянии  $l$  от запани;

- $h_6$  — бытовая глубина потока;  
 $\tau_c$  — среднее удельное сопротивление на стенках русла;  
 $\tau$  — среднее удельное сопротивление пыжа, условно отнесенное к единице площади свободной поверхности потока;  
 $l$  — длина рассматриваемого отсека потока с пыжом.

Для решения этой задачи сопоставим величину подпорного горизонта воды отсека пыжа из бревен с объемным весом 0,85—0,95 и 0,7—0,8.

Составим их отношение и получим следующее выражение:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\sqrt{1 + \frac{2l(\tau_{c1} + \tau_1)}{h_6^2 \cdot \gamma}} - 1}{\sqrt{1 + \frac{2l(\tau_{c2} + \tau_2)}{h_6^2 \cdot \gamma}} - 1}$$

Для анализа этого выражения примем, что среднее удельное сопротивление на стенках русла в первом и во втором случае равны ( $\tau_{c1} = \tau_{c2}$ ). Тогда можно сказать, что величина подпорного горизонта пропорциональна корню квадратному из среднего удельного сопротивления пыжа, которое в общем случае зависит от осадки пыжа. В свою очередь, осадка пыжа в сравнимых условиях зависит от объемного веса древесины, следовательно, с ним связана и величина подпорного горизонта воды.

Для количественной характеристики этого положения рассмотрим один частный случай определения подпорного горизонта воды в следующих сопоставимых условиях:  $h_6 = 4,5$  м;  $v = 1,5$  м/сек; длина отсека пыжа  $l = 140$  м. Пыж формировался в первом случае из древесины с объемным весом 0,85—0,95, во втором случае — 0,7—0,8.

Величины, необходимые для расчета этого примера, получены из опытов и приведены в табл. 1.

Таблица 1

Индекс	$\gamma$	$P_a$	$\tau$	$\tau_c$	$Z$	$W$
1	0,85—0,95	2450	250	5	4,8	51500
2	0,7—0,8	796	81	5	2,10	25600

Примечание.  $P_a$  — активная сила в пыже, подсчитанная по формуле ЦНИИЛесосплава  
 $W$  — объем древесины в отсеке пыжа.

Из этого примера можно сделать вывод, что повышение подпорного горизонта воды зависит от объемного веса древесины, так как с его увеличением становятся больше осадка и толщина пыжа, а значит и объем древесины в рассматриваемом отсеке.

Изменение объемного веса древесины от 0,7—0,8 до 0,85—0,95 вызывает, как видно, довольно большое увеличение подпорного горизонта воды в одинаковых условиях формирования пыжа. Это можно объяснить тем, что в головной части пыжа из бревен с большим объемным весом все живое сечение потока забивается лесом на длину до  $1,5B$ , а весь поток проходит через пыж, претерпевая большое сопротивление движению. С увеличением объемного веса древесины повышается процент заполнения живого сечения потока пыжом.

## Выбор типа запани

Надежность удержания леса в запани во многом зависит от ее конструкции. Так, бревна с большим объемным весом при формировании пыжа легко увлекаются под него течением и, скользя по нижнему его образованию, доходят до запани. Если у запани нет задерживающих устройств в виде стоек, сетки или спиц, то бревна проходят под запань и уносятся течением. Для того чтобы выбрать наиболее рациональный тип запани, было проведено исследование формирования пыжа в следующих запанях: поперечная лежневая запань с плитками, имеющими стойки, предотвращающие подныривание бревен; поперечная лежневая запань с плитками без стоек; сетчатая запань с различным погружением нижней ветви лежня; жесткая спицевая запань со спицами, доходящими до дна.

Опыты проводились при различном объемном весе модельных бревен. Подсчитывалось количество бревен, прошедших под запань. По данным опытов построен график (рис. 4):

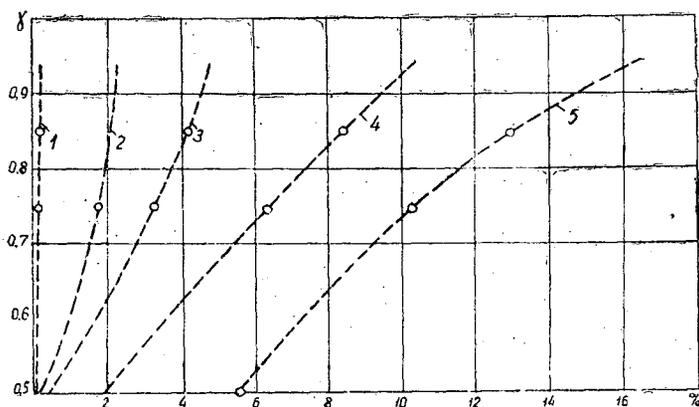


Рис. 4.

1 — спицевая запань до дна; 2 — сетчатая запань на 0,75 h; 3 — сетчатая запань на 0,50 h; 4 — плитки со стойками 0,2 h; 5 — плитки без стоек;  $v_{\phi} = 1,5$  м/сек.

Из анализа графика видно, что наиболее эффективными являются жесткая спицевая запань и сетчатая запань с наибольшим заглублением нижней ветви лежня.

Результаты исследования дадут возможность учесть некоторые факторы, определяющие надежность удержания древесины в запани и позволят уменьшить потери при сплаве таких ценных пород древесины, как лиственница.

## ВЫБОР МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОСТЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОЙ КОЛЕЙНОЙ ДОРОГИ

**Л. Д. ДАРАГАН.**

Старший научный сотрудник

(ЦНИИ механизации и энергетики лесной промышленности)

Один из современных методов расчета колеяного покрытия построен на основании гипотезы о прямой пропорциональности между давлением на участок грунта и его осадкой, выражаемой зависимостью

$$q_0^* = Cy_0,$$

где  $q_0$  — давление на единицу площади;

$C$  — коэффициент постели;

$y_0$  — осадка грунта.

Значительный вклад в развитие этого метода внесли советские ученые Е. М. Бромберг, М. Ф. Вериго, В. Н. Данилов [2], Б. И. Кувалдин, В. И. Кузнецов, М. А. Фришман, Г. М. Шахуняц, К. К. Хохлов [6] и др.

Этот метод может быть принят также для анализа работы бруса автомобильного колеяного покрытия, представляющего собой балку различной длины, уложенную на упругое основание. Возможность анализа работы такого бруса подтверждается отношением сторон ее основания  $\lambda_\alpha$ , которое является частным от деления длины балки  $l$  на ширину  $b$ . В практике отношение  $\lambda_\alpha$  колеблется в пределах  $15 \div 133$ , что значительно превышает ограничение, равное 7.

Принадлежность этой балки к категории длинных или жестких характеризуется показателем гибкости балки  $u_0$ , который является отвлеченной величиной и определяется из следующего выражения:

$$u_0 = \frac{\pi b^3 E_0}{(1 - \mu_0^2) 32EI}, \quad (1)$$

где  $E_0$  — модуль деформации грунта;

$E$  — модуль упругости материала балки;

$I$  — момент инерции балки;

$\mu_0$  — коэффициент Пуассона для грунта.

В том случае, когда  $0,5 \leq u_0 \leq 1$  при  $\lambda_\alpha < 20$ , а также, когда  $u_0 < 0,5$ , балку считают жесткой, в остальных случаях — длинной.

---

\* Здесь и в последующем указываются обозначения, применяемые на лесовозном транспорте.

Размеры балки автомобильного колеиного покрытия, применяемой в эксплуатации, позволяют отнести ее к категории длинных.

В связи с этим максимальные ординаты изгибающего момента  $M$  и прогиба балки  $y$ , возникающие в результате воздействия сосредоточенной единичной нагрузки  $P$ , находят из уравнений

$$M = \frac{P}{4k} \cdot e^{-kx} (\cos kx - \sin kx); \quad (2)$$

$$y = \frac{kP}{2U} \cdot e^{-kx} (\cos kx + \sin kx), \quad (3)$$

где  $k$  — коэффициент относительной жесткости балки и ее основания;  
 $e$  — основание натуральных логарифмов;  
 $x$  — расстояние от расчетного сечения до места приложения груза;  
 $U$  — модуль упругости основания балки.

Коэффициент относительной жесткости и модуль упругости основания находят из выражений

$$U = Cb; \quad (4)$$

$$k = \sqrt[4]{\frac{U}{4EI}}. \quad (5)$$

Одним из сомножителей уравнения (4) является коэффициент постели  $C$  колеиных автомобильных покрытий.

В Советском Союзе предложен для строительной промышленности ряд методов теоретического определения коэффициента постели. В частности, проф. М. И. Горбунов-Посадов [5] для относительно узких, но длинных балок, к которым относится и балка автомобильной колеиной дороги, дал следующее уравнение для определения коэффициента постели:

$$C_I = \frac{\pi E_0}{2(1 - \mu_0^2) b \cdot \ln(4\lambda_\alpha)}, \quad (6)$$

где  $E_0$  — модуль деформации грунта, кг/см<sup>2</sup>;  
 $\mu_0^2$  — коэффициент Пуассона для грунта;  
 $b$  — ширина балки, см.

По утверждению проф. М. И. Горбунова-Посадова формула (6) дает достаточную точность при определении коэффициента в том случае, если характер нагрузки на балку таков, что исключается необходимость выявления нулевых или близких к нулевым значений реактивных давлений грунта.

Тем же автором предложена другая формула определения коэффициента постели, при условии испытания грунта с помощью штампа площадью 5000 см<sup>2</sup>. В этом случае уравнение имеет вид:

$$C_{II} = \frac{1}{64} \cdot \frac{E_0}{(1 - \mu_0^2)}. \quad (7)$$

Кроме формул (6) и (7) советскими учеными даны и другие выражения определения коэффициента постели. Например, проф. Н. М. Герсеванов и доц. Я. А. Мачерет [4] рекомендовали уравнение для бесконечно длинной балки, загруженной сосредоточенной силой. Предлагаемое ими уравнение имеет следующий вид:

$$C_{III} = 0,28 \sqrt[3]{\frac{bE_0^3}{(1 - \mu_0^2)^4 EI}}. \quad (8)$$

Канд. техн. наук Л. А. Галин [3] предложил уравнение для определения модуля упругости основания балки, представляющей собой в плане достаточно удлиненный прямоугольник.

Внося в знаменатель этой формулы значение ширины балки, получаем новое выражение для определения коэффициента постели

$$C_{IV} = \frac{\pi E_0}{2(1 - \mu_0^2) b \cdot l g \lambda_a} \quad (9)$$

Существуют и другие уравнения, предложенные как советскими, так и иностранными учеными, из-за сложности не нашедшие широкого применения.

Для анализа сравниваемых методов примем, что колеиное покрытие состоит из сосновых балок размерами  $16,7 \times 14 \times 640$  см, допустимое давление на грунт —  $q_0 = 1$  кг/см<sup>2</sup>, грунт малосвязный с модулем деформации —  $E_0 = 114$  кг/см<sup>2</sup>, коэффициент Пуассона для грунта —  $\mu_0 = 0,35$ , модуль упругости материала балки —  $E = 10^5$  кг/см<sup>2</sup>.

Коэффициенты постели  $C$ , найденные по четырем рассматриваемым методам, соответственно равны: 2,43; 2,03; 0,65 и 7,73 кг/см<sup>3</sup>.

Для определения изменений, происходящих в балке, воспользуемся всеми четырьмя значениями коэффициента постели.

Пользуясь уравнениями (2), (3), (4) и (5), находим модуль упругости основания и коэффициент относительной жесткости, а также наибольшие ординаты линий влияния изгибающих моментов и прогибов балки, возникающих в результате воздействия единичной силы  $P = 1000$  кг, расположенной посередине балки. Числовые значения этих решений приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Определяемые величины	Единицы измерения	Номер метода определения коэффициента постели			
		I	II	III	IV
Модуль упругости основания $U$ . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	40,61	33,96	10,86	129,06
Коэффициент относительной жесткости $k$ . . . . .	см <sup>-1</sup>	0,0128	0,0124	0,0092	0,0171
Изгибающий момент $M$ . . . . .	кг·см	19531	20161	27174	14620

Такая же картина наблюдается при рассмотрении данных, характеризующих прогибы балки (рис. 1).

Пригодность того или иного метода определения коэффициента постели для колеиного покрытия лесовозной дороги проверяется путем сравнения данных аналитического и экспериментального исследований работы балки автомобильной колеиной дороги. Испытания проводились на Мостовской автомобильной лесовозной дороге Оленинского леспромхоза ЦНИИМЭ. Для этого на прямом горизонтальном участке 23-го километра лесовозной магистральной дороги был построен опытный участок колеиной дороги с покрытием из брусковых щитов.

Каждый брус имел длину 640 см, ширину 16,7 см, высоту 14 см и модуль упругости материала  $10^5$  кг/см<sup>2</sup>.

Щиты соединяли при помощи прямых стыков, под которые укладывали пристыковые шпалы длиной 320 см, изготовленные из двугранных брусьев толщиной 14 см и с шириной опорной плоскости 10 см.

В качестве подвижного состава был принят лесовозный автомобиль МАЗ-501 с роспуском 1-Р-8.

Автопоезд перевозил хлысты, имевшие среднюю длину 21 м.

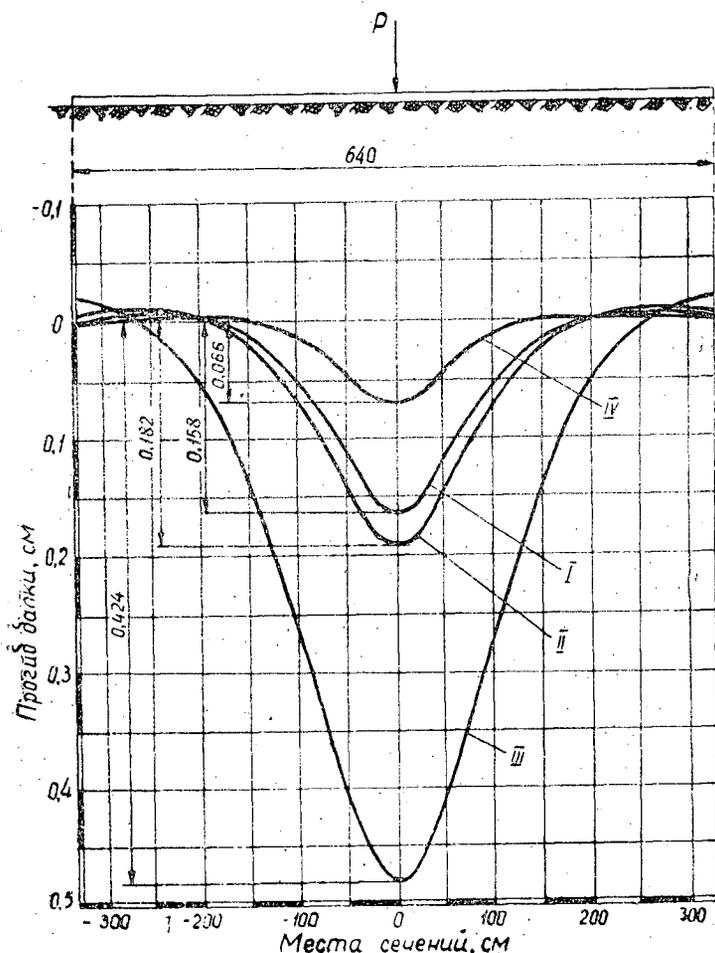


Рис. 1. Графики прогибов балки в различных сечениях (I, II, III, IV — номера метода определения коэффициентов постели).

В период производственных исследований определялись вертикальная нагрузка, действующая на покрытие, гранулометрический состав, влажность и модуль деформации грунта, прогиб балки, напряжение в ней.

Деформация балки и напряжение в ней, возникавшие вследствие воздействия колеса лесовозного автопоезда, исследовались посередине бруса.

Для проведения необходимых измерений были созданы приборы, отвечающие следующим основным требованиям: надежности работы, нечувствительности к изменению влажности окружающей среды, обеспечению измерения максимальных величин с возможно минимальным искажением, сохранению постоянства тарировки.

Размеры нагрузок, передаваемых на дорогу от колеса, определялись с помощью штампа, состоящего из двух цилиндров, один из которых (нижний) входил в другую.

К верхней и нижней сторонам штампа были жестко прикреплены металлические крышки. К верхней крышке изнутри была жестко при-

креплена опорная стойка, через которую давление, воспринимаемое крышкой, передавалось на пластину, опирающуюся концами на две опоры. Перемещение верхнего цилиндра вызывало прогиб пластины. С помощью проволочных датчиков напряжения, возникающие в пластине, передавались на гальванометр. Линейные перемещения штампа фиксировались визуально с помощью специальных линеек. Питание к штампу поступало от аккумуляторов.

Для измерения прогиба покрытия был принят прибор, оборудованный реохордом с сопротивлением 400 *ом*, что обеспечивало замер больших линейных перемещений с записью показаний на ленте осциллографа.

Реохорд и другие необходимые детали (пружина, ролики и пр.) по пять комплектов крепились к одной деревянной панели. Такая группировка обуславливалась необходимостью одновременного проведения замеров у всех пяти брусьев исследуемого сечения щита.

Напряжение в нижних плоскостях брусьев, возникающее в результате воздействия колеса автопоезда, измерялось при помощи проволочных датчиков, наклеенных попарно на обеих плоскостях пружины, которая крепилась шурупами к нижней плоскости балки.

Датчики имели связь с контактной панелью, к которой подходил кабель, соединяющий последнюю с блоком балансировки. Питание осуществлялось от аккумуляторов.

Блок балансировки соединялся с осциллографом ОТ-24-51.

Осциллограф, лентопротяжный механизм и осветитель блока гальванометров питались от переносной электростанции «Киев-1».

Нормальная работа каждого датчика напряжения, независимо от влажности окружающей среды, достигалась путем покрытия его слоем битума. В дополнение к этому датчик закрывали влагонепроницаемым материалом, который герметически крепили к брусу.

Некоторые показатели характеристики грунта, например, гранулометрический состав, влажность, пластичность и модуль деформации грунта, определяли в лабораторных и производственных условиях.

Для уточнения степени влажности использовали прибор Ковалева.

Нахождение модуля деформации грунта осуществлялось по компрессионным кривым (в лаборатории) и при помощи круглого штампа (в производственных условиях).

Лабораторными и производственными исследованиями было установлено, что грунт, на который было уложено покрытие, относится к группе суглинков (табл. 2).

Таблица 2

Диаметр частиц грунта, мм	Содержание фракций, %
1—0,25	8,01
0,25—0,05	23,64
0,05—0,01	31,77
0,01—0,005	8,64
0,005—0,001	4,46
менее 0,001	23,50

Удельный вес грунта — 2,69 *г/см<sup>3</sup>*; набухание — 1,0%; влажность набухания — 20,3%; верхний предел пластичности — 19,56, нижний — 15,37, число пластичности — 4,19; кислотность — 6,1.

За период экспериментов было получено девять различных значений вертикальных статических нагрузок, передаваемых от колес лесо-

Таблица 3

Вес груза автопоезда, кг	Нагрузка на путь от односкатного колеса, кг		
	автомобиля		ропуска
	переднего моста	заднего моста	
0	2085	920	539
6530	2220	1425	1588
12940	2350	2298	2263

возного автопоезда на путь и колебавшихся в пределах 539 ÷ 2350 кг (табл. 3).

Математическая обработка данных экспериментального исследования методом наименьших квадратов позволила найти следующие уравнения связи

$$\sigma = 0,0479P; \tag{10}$$

$$y = 0,000394P; \tag{11}$$

$$y_{\text{ч}} = 0,8231p_{\text{ч}}; \tag{12}$$

где  $\sigma$  — напряжение на изгиб в балке, кг/см<sup>2</sup>;

$y$  — прогиб середины балки, см;

$P$  — статическая нагрузка, кг;

$y_{\text{ч}}$  — осадка штампа, мм;

$p_{\text{ч}}$  — удельное давление штампа на грунт, кг/см<sup>2</sup>.

Точность измерений проверялась по методу средних квадратических отклонений. Результаты подсчетов приводятся в табл. 4.

Таблица 4

Определяемые величины	Среднее квадратическое отклонение	Показатель точности, %	Коэффициент изменчивости, %
Напряжение в балке . . . . .	±3,26 кг/см <sup>2</sup>	2,73	8,65
Прогиб балки . . . . .	±0,0427 см	4,34	13,71
Осадка штампа . . . . .	±0,0565 мм	5,22	9,04

Данные измерений осадок штампа позволили определить модуль деформации грунта  $E_0$ , который (при средней влажности 19%) составил 114,82 кг/см<sup>2</sup>.

Исследования работы пути показали, что наибольшие значения напряжений в балке — 110,4 кг/см<sup>2</sup>; а прогибов — 0,93 см.

Сравнение материалов показывает, что наименьшие отклонения от экспериментальных имеют данные, полученные с учетом коэффициента постели, найденного по методу Н. М. Герсеванова и Я. А. Мачерета (табл. 5, рис. 2).

Таблица 5

Определяемые величины	Единицы измерения	Экспериментальные данные	Коэффициенты постели, найденные аналитическим путем методами			
			I	II	III	IV
Напряжение в балке . . . . .	%	100	74,7	77,1	103,7	55,9
Прогиб балки . . . . .	"	100	40,1	46,2	107,6	16,7

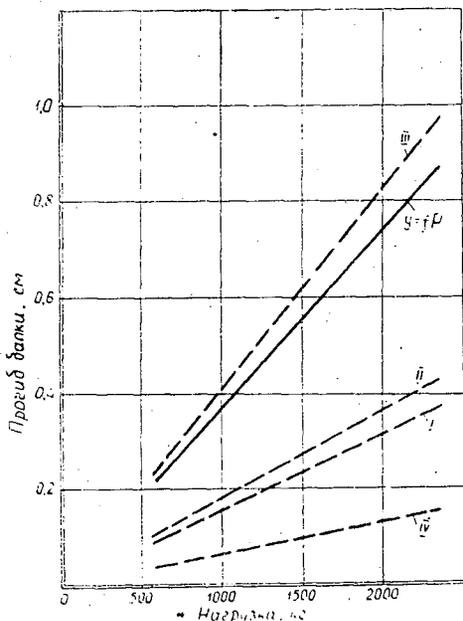


Рис. 2. Влияние нагрузки и коэффициента постели на прогиб балки.

I, II, III, IV — теоретические прямые;  
 $y=fP$  — экспериментальная прямая.

Таким образом, для балки автомобильного колеяного покрытия, уложенной непосредственно на грунт, коэффициент постели определяется из уравнения (8), расчетный модуль упругости основания балки — из выражения (4).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. Ф. Бабков. Методы определения расчетных значений модулей деформации грунтов. Сборник статей, Автотрансиздат, 1955. [2]. Е. М. Бромберг, М. Ф. Вериго, В. Н. Данилов, М. А. Фришман. Взаимодействие пути и подвижного состава. Трансжелдориздат, 1956. [3]. Л. А. Галин. О гипотезе Цеммермана—Винклера для балок. Прикладная математика и механика, т. VII, Институт механики АН СССР, 1943. [4]. Н. М. Герсеванов, Я. А. Мачерет. К вопросу о бесконечно длинной балке на упругой почве, нагруженной силой  $P$ . Сборник НИС Фундаментостроя, № 8, ОНТИ, 1937. [5]. М. И. Горбунов-Посадов. Расчет конструкций на упругом основании. Госстройиздат, 1953. [6]. К. К. Хохлов. Исследование работы верхнего строения пути и методов его статического расчета на лесовозных узкоколейных железных дорогах. Кандидатская диссертация, 1951.

Поступила в редакцию  
 9 апреля 1962 г. †

## К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ И РЕЖИМАХ РАБОТЫ УСТАНОВОК ДЛЯ РАСКРЯЖЕВКИ ХЛЫСТОВ

**И. Г. ОСЫХОВСКИЙ**

Инженер

(Свердловск)

Статья С. И. Рахманова «Классификация и режим работы установок для раскряжевки хлыстов»\* содержит большой теоретический и практический материал, однако в ряде вопросов с автором согласиться нельзя. Прежде всего, всякое исследование требует объективности и точности, чего в статье нет.

Среднюю скорость движения хлыста автор определяет по формуле

$$v_{\text{ср}} = v_{\text{п}} \frac{l_0}{l_0 + \frac{v_{\text{п}}^2}{a}}, \quad (1)$$

где  $v_{\text{п}}$  — скорость цепи транспортера, м/сек;

$l_0$  — средняя длина выпиливаемых бревен, м;

$a$  — ускорение при трогании с места и замедлении хода, м/сек<sup>2</sup>.

Формула (1) не отражает искомой величины. Считая (как, очевидно, принимает и автор) при разгоне движение равноускоренным, а при торможении — равнозамедленным, в случае равенства абсолютной величины ускорения будем иметь

$$v_{\text{ср}} = v_{\text{п}} \frac{l_0}{l'_0 + 2 \frac{v_{\text{п}}^2}{a}}, \quad (2)$$

где  $l'_0$  — путь хлыста при установившейся скорости  $v_{\text{п}}$

$$l'_0 < l_0.$$

С увеличением длины сортиментов доля второго члена в знаменателе уменьшается, а следовательно  $v_{\text{ср}}$  приближается к  $v_{\text{п}}$ .

Например, при  $v_{\text{п}} = 0,887$  м/сек и длине сортимента 1 м  $v_{\text{ср}} = 0,742$  м/сек, а при длине 6 м  $v_{\text{ср}} = 0,863$  м/сек.

Отсюда видно, что формулы (1) и (2) различны.

Автор пишет, что большое значение имеет ускорение  $a$ , величина которого находится в прямой зависимости от  $N$  — мощности двигателя транспортера, и дает формулу

$$v_{\text{ср}} = v_{\text{п}} \frac{l_0}{l_0 + \frac{v_{\text{п}}^3 \cdot L}{102 \cdot N \cdot g}}, \quad (3)$$

\* ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1962.

где  $L$  — вес хлыстов и цепи транспортера, кг;  
 $g$  — ускорение силы тяжести,  $m/sec^2$ ;  
 $N$  — мощность,  $квт$ .

Далее автор заключает: «Для уменьшения времени подачи следует увеличивать среднюю скорость транспортера; этого можно достигнуть путем повышения его технической скорости при одновременном увеличении мощности двигателя, причем последняя должна возрастать в третьей степени».

Здесь автор допустил ошибку, чем ввел в заблуждение читателей. Мощность

$$N = \frac{m \cdot a \cdot v_n}{102} = \frac{L \cdot a \cdot v_n}{102 \cdot g} \quad (4)$$

есть максимальная динамическая, имеющая место в конце разгона и в начале торможения системы, и, как известно, по ней двигатели не выбираются.

Кроме того, при определении динамической мощности  $N$  автор также допускает ошибку. Он берет только массу хлыстов и цепи транспортеров  $m_n$ , а массы вращающихся частей системы  $m_v$  не учитывает.

Следует отметить, что для подающих и приемных транспортеров полуавтоматических линий с продольной, периодической подачей хлыстов, эквивалентная масса вращающихся частей  $m_v$  больше, чем эта же величина постулатально движущихся частей  $m_n$ .

Обратимся к фактам. Для повышения производительности Афанасьевской полуавтоматической линии была повышена техническая скорость подающих и приемных транспортеров с 0,6 до 0,887  $m/sec$ . Это сделано за счет смены редукторов.

Если принять последнее заключение автора, то мощность двигателей должна быть повышена в  $\left(\frac{0,887}{0,6}\right)^3 = 3,25$  раза.

Однако были оставлены те же двухскоростные двигатели, что и при  $v_n = 0,6$   $m/sec$ , то есть на подающем транспортере — МТКВ-41-6/16; 7,5/2,4  $квт$ , а на приемном — МТКВ-31-6/16; 5/1,6  $квт$ . Заметного повышения температуры частей двигателей не наблюдалось.

При стабильном напряжении в сети могут быть использованы двигатели меньшей мощности.

Повышение скорости транспортеров дало значительное увеличение производительности раскряжевочного агрегата при большой точности выпиливания сортиментов (в пределах ГОСТа).

Следовательно, замечание автора о нецелесообразности повышения технической скорости транспортеров является необоснованным. Все дело в правильном выборе электропривода. Двухскоростные или с ползучими скоростями электродвигатели дают возможность повысить скорость транспортеров до 1,2  $m/sec$  и даже более.

Повышение скорости подающих и приемных транспортеров, уменьшение цикла работы пилы, переход на комбинированное управление (программное и индивидуальное), улучшение подачи хлыстов и сортировки бревен при высокой точности выпиливания сортиментов и большом выходе деловой древесины обеспечат высокую производительность простых полуавтоматических линий с продольной, периодической подачей хлыстов.

Правильным было бы объединить опыт всех научно-исследовательских, учебных и проектных институтов в области создания рентабельных полуавтоматических линий.

Автор не совсем объективен в оценке установок с одним пильным станком на два транспортера, а также с пилением в процессе продольной подачи хлыстов, и делает преждевременные выводы. Над созданием таких агрегатов следует серьезно и много поработать.

К сожалению, в статье автор не отвечает на вопрос, какими же должны быть полуавтоматические линии?

Следует отметить также технические недостатки статьи, затрудняющие ее понимание. Например, автор пользуется не общепринятыми буквенными обозначениями величин; для обозначения средних величин использует при буквах несколько индексов; по несколько раз расшифровывает одни и те же величины и т. п.

Все нами приведенное говорит о серьезной недоработке автором имевшегося у него материала.

---

Поступила в редакцию  
22 июня 1962 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ МНОГОЭТАЖНОГО ПЛИТОЧНОГО ПРЕССА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Я. Т. БАНКИЕРИС

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Большинство современных технологических процессов по производству стружечных плит предусматривает применение многоэтажных плиточных прессов.

В общем случае производительность такого пресса является функцией от количества его рабочих промежутков, объема одной плиты и продолжительности полного цикла прессования. Эта функциональная зависимость может быть выражена формулой

$$A = \frac{K \cdot T \cdot n \cdot a \cdot b \cdot s_2}{t \cdot 1000}, \tag{1}$$

- где  $A$  — производительность пресса,  $m^3$  готовых плит/смен;  
 $K$  — коэффициент использования пресса;  $K = \frac{M \cdot t_n}{T}$   
 $M$  — количество фактических оборотов пресса в смену;  
 $t_n$  — продолжительность нормального полного цикла, мин;  
 $T$  — продолжительность смены, мин;  
 $a$  — длина готовой плиты после обрезки, м;  
 $b$  — ширина готовой плиты после обрезки, м;  
 $s_2$  — толщина плиты, мм;  
 $t$  — продолжительность одного цикла прессования, мин;  
 $n$  — число этажей пресса.

Полный цикл прессования складывается из неперекрываемых вспомогательных операций (загрузка пресса, смыкание плит, постепенное снижение давления после окончания прессования, размыкание плит пресса, выгрузка готовых плит; продолжительность этих операций обозначим, соответственно,  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$  и технологической операции — прессования. Прессование, которое начинается с момента полного смыкания пресса, по существу включает в себя две операции, а именно: уплотнение мата до желаемой толщины плит (обозначим продолжительность этой операции через  $t_6$ ) и выдержка его под давлением и обогревом ( $t_7$ ).

Если обозначить толщину стружечного мата перед прессованием через  $s_1$ , высоту пролета пресса  $l$ , общую толщину одного комплекта подкладок  $p$ , скорость смыкания плит пресса  $u_1$ , скорость размыкания

их  $u_3$ , то путь, пройденный нижней плитой прессы при смыкании, выразится формулой

$$L' = n(l - s_1 - p); \quad (2)$$

Соответственно, путь, пройденный нижней плитой при размыкании,

$$L'' = n(l - s_2 - p); \quad (3)$$

отсюда

$$t_2 = \frac{L'}{u_1} = \frac{n(l - s_1 - p)}{u_1} \quad (4)$$

$$t_4 = \frac{L''}{u_3} = \frac{n(l - s_2 - p)}{u_3}. \quad (5)$$

(При неравномерных скоростях смыкания — размыкания следует пользоваться средними скоростями).

Время прессования  $t_0$  практически может быть заменено выражением

$$t_0 = m \cdot s_2, \quad (6)$$

где  $m$  — продолжительность прессования на 1 мм толщины плиты.

Толщина стружечного мата  $s_1$  может быть выражена так

$$s_1 = \eta \cdot s_2, \quad (7)$$

где  $\eta$  — коэффициент прессования, показывающий, во сколько раз толщина мата превышает толщину готовой плиты (кратность мата).

Подставляя значения  $t_2$ ;  $t_4$ ;  $t_0$  и  $s_1$  в формулу (1), получаем выражение для производительности многоэтажного прессы в развернутом виде

$$A = \frac{K \cdot T \cdot n \cdot a \cdot b \cdot s_2 \cdot u_1 \cdot u_3 \cdot 0,001}{u_1 \cdot u_3 (m \cdot s_2 + t_1 + t_3 + t_5) + u_3 \cdot n (l - \eta \cdot s_2 - p) + u_1 \cdot n (l - s_2 - p)}. \quad (8)$$

Эта формула включает все возможные параметры, влияющие на производительность прессы. Их можно разделить на технические и технологические.

К первой группе относятся величины, зависящие от технической характеристики оборудования, а именно: количество рабочих промежутков прессы, формат выпускаемых плит, скорости смыкания — размыкания плит прессы, высота рабочего промежутка, толщина подкладок, продолжительность загрузки и выгрузки прессы. К группе технологических параметров относятся толщина выпускаемых плит, кратность мата, продолжительность прессования на 1 мм толщины плиты, время, необходимое для снижения давления после прессования. Параметры этой группы зависят от технологических особенностей данного процесса. Согласно формуле (8), увеличение таких параметров, как  $K$ ,  $T$ ,  $a$ ,  $b$  вызывает прямо пропорциональное увеличение производительности прессы.

Так, с увеличением формата плит производительность прессы растет за счет уменьшения на единицу продукции продолжительности операций смыкания и размыкания плит прессы, прессования, снижения давления, загрузки и выгрузки прессы (особенно, если увеличивается перпендикулярный направлению загрузки размер).

Таким же образом можно сказать, что с возрастанием  $t_0, t_1, t_3, t_5$  и  $l$  производительность прессы падает; ибо эти величины входят только в знаменатель формулы со знаком плюс. Увеличение  $p$  и  $\eta$ , входящих в знаменатель со знаком минус, казалось бы приводит к увеличению производительности прессы.

Однако это не так. Увеличение кратности мата  $\eta$  фактически вызывает увеличение времени  $t_6$  за счет  $t_7$  (если  $t_0 = \text{const}$ ).

От этого, очевидно, будет страдать качество плит. Если же время выдержки плиты в сжатом состоянии  $t_7$  остается постоянным, то производительность прессы с увеличением кратности мата всегда падает, так как, хотя увеличение кратности мата позволяет сократить длительность непрерывных вспомогательных операций, оно вызывает уменьшение производительности прессы, ибо значительно возрастает продолжительность основного времени прессования  $t_0$ .

Более сложно установить закономерность изменения производительности прессы в зависимости от факторов, входящих как в знаменатель, так и в числитель формулы. Рассмотрим сначала влияние количества этажей  $n$ . Перепишем формулу (8) в следующем виде

$$A = \frac{K \cdot T \cdot a \cdot b \cdot s_2 \cdot u_1 \cdot u_3 \cdot 0,001 \cdot n}{[u_3(l - \eta \cdot s_2 - p) + u_1(l - s_2 - p)] n + u_1 \cdot u_3 (m \cdot s_2 + t_1 + t_3 + t_5)} \quad (9)$$

или

$$A = \frac{C_1 \cdot n}{C_2 \cdot n + C_3}, \quad (10)$$

где

$$C_1 = K \cdot T \cdot a \cdot b \cdot s_2 \cdot u_1 \cdot u_3 \cdot 0,001 \quad (11)$$

$$C_2 = u_3(l - \eta \cdot s_2 - p) + u_1(l - s_2 - p) \quad (12)$$

$$C_3 = u_1 \cdot u_3 (m \cdot s_2 + t_1 + t_3 + t_5). \quad (13)$$

Согласно уравнению (10) может быть построена кривая I (рис. 1), характеризующая изменение производительности прессы в зависимости от количества этажей. Точное расположение и форму этой кривой определяют величины  $C_1, C_2$  и  $C_3$ .

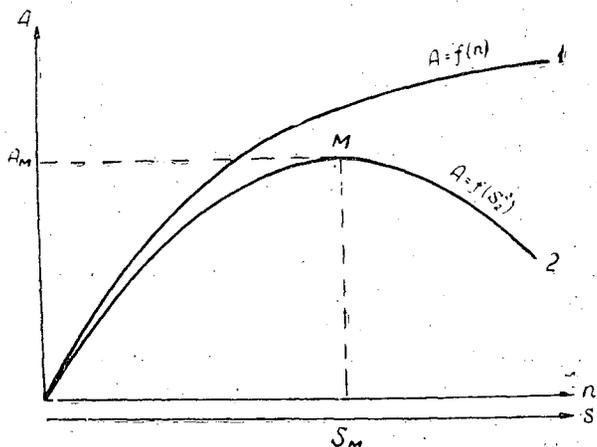


Рис. 1. Изменение производительности прессы в зависимости от количества этажей прессы и от толщины выпускаемых плит (при  $t_7 = f(s_2^2)$ ).

Производительность прессы в данном случае увеличивается за счет сокращения на единицу продукции продолжительности следующих операций: загрузки и выгрузки (если, конечно, осуществляется одновременная загрузка всех этажей прессы), прессования, спуска давления.

Однако, если время (продолжительность) основной технологической операции при увеличении количества этажей остается неизменным, то режимы прессования плит на прессах с различным количеством этажей будут несколько различны. Как было указано выше, время прессования состоит из двух величин  $t_6$  и  $t_7$ . При этом

$$t_6 = \frac{n \cdot (s_1 - s_2)}{u_2}, \tag{14}$$

где  $u_2$  — скорость смыкания плит прессы под высоким давлением.

Как видно из этой формулы, с увеличением  $n$  возрастает и  $t_6$ . Если же  $t_0$  остается неизменным, а  $t_6$  увеличивается, то это может происходить только за счет  $t_7$  — времени выдержки мата в зажатом положении. Это хорошо видно из рис. 2: уменьшение  $t_7$  тем резче, чем больше разница между толщинами мата и готовой плиты и чем меньше скорость смыкания прессы (под высоким давлением).

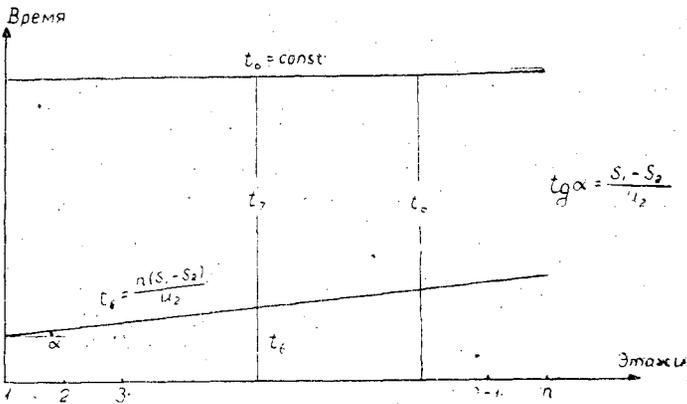


Рис. 2. Уменьшение продолжительности выдержки плиты под давлением  $t_7$  с увеличением количества этажей прессы. (при  $t_0 = \text{const}$ ).

Рассуждая подобным образом, как при образовании формулы (10), получаем

$$A = \frac{C'_1 \cdot u}{C'_2 \cdot u + C'_3} \tag{15}$$

и

$$A = \frac{C''_1 \cdot s_2}{C''_2 \cdot s_2 + C''_3}, \tag{16}$$

где  $C'_1, C'_2, C'_3, C''_1, C''_2, C''_3$  — константы для каждого отдельного случая;  $u$  — скорости смыкания — размыкания плит прессы.

Изменение производительности прессы с изменением толщины выпускаемых плит или скоростей смыкания — размыкания плит прессы происходит по принципиально таким же закономерностям, что и при изменении количества этажей прессы, и это выражается сходными кривыми.

В случае, когда технология предусматривает уменьшение продолжительности прессования на один миллиметр толщины плиты ( $m$ ) с увеличением толщины выпускаемых плит  $s_2$ , производительность прессы с увеличением толщины плит повышается более резко, чем при  $m = \text{const}$ .

Может показаться, что одним из возможных вариантов повышения производительности прессы является увеличение скоростей смыкания — размыкания плит прессы. Однако это не совсем так. Эти скорости не могут превышать некоторых пределов. Так, слишком большие скорости могут вызвать удары в гидравлической системе прессы. Кроме того, они ограничиваются некоторыми технологическими причинами. Рассмотрим, например, смыкание двух плит прессы под низким давлением (рис. 3).

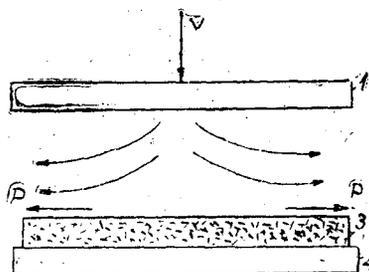


Рис. 3. Схема смыкания двух плит прессы.

- 1 — верхняя нагревательная плита;  
2 — нижняя нагревательная плита;  
3 — стружечный мат.

За определенный период времени  $t_s$  верхняя плита пройдет расстояние  $s = u_1 \cdot t_s$ , соответственно выжимая воздух объемом  $Q = F \cdot s$  ( $F$  — площадь нагревательной плиты прессы). Скорость выхода воздуха из промежутка прессы, очевидно, будет  $v = \frac{F \cdot u_1}{F_1}$ , где  $F_1$  — свободная площадь для его выхода. При движении воздуха в направлении его движения вдоль поверхности мата развивается сила  $P = \frac{\gamma \cdot v^2}{2g}$  ( $\gamma$  — объемный вес воздуха). Преобразуя эту формулу, получим

$$P = \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} = \frac{\gamma}{2g} \left( \frac{F \cdot u_1}{F_1} \right)^2 = \frac{\gamma \cdot u_1^2}{2g} \left( \frac{F}{F_1} \right)^2. \quad (17)$$

Как видим, сила, действующая вдоль поверхности мата, пропорциональна квадрату скорости смыкания плит. Если же эта сила слишком большая, то она вырывает отдельные частицы из поверхности мата, нарушая его структуру и изменяя толщину выпускаемых плит, поскольку какая-то доля из этих унесенных воздухом частиц ложится на дистанционные прокладки.

Практически самое большое значение имеет влияние толщины выпускаемых плит на производительность прессы. При выводе формулы (16) принято, что  $t_0 = m \cdot s_2$ , что практически остается в силе для всех толщин в большинстве существующих процессов. Однако теоретически более правильно было бы соблюдать закономерности, полученные Кулом и некоторыми другими авторами, согласно которым время прессования зависит от квадрата толщины плит. Упрощенно формула Кула, например, может быть написана в следующем виде

$$t_1 = z \cdot s_2^2 + t_n,$$

где  $z$  — коэффициент, остающийся неизменным при любой толщине плит и характеризующий продолжительность выдержки на  $1 \text{ мм}^2$  толщины;

$t_n$  — время, необходимое для полимеризации связующего вещества.

Теоретический интерес представляет вопрос, как изменялась бы производительность прессы, если бы соблюдалась указанная зависимость между временем прессования и толщиной плиты. Формула производительности прессы тогда может быть переписана в следующем виде

$$A = \frac{K \cdot T \cdot n \cdot a \cdot b \cdot u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 \cdot 0,001 \cdot s_2}{u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 (t_1 + t_3 + t_5 + z \cdot s_2^2 + t_n) + u_1 \cdot u_3 \cdot n (s_1 - s_2) + u_2 \cdot u_3 \cdot n (l - s_1 - p) + u_1 \cdot u_2 \cdot n (l - s_2 - p)} \quad (18)$$

или

$$A = \frac{C_1'' \cdot s_2}{C_2''' \cdot s_2^2 + C_3''' \cdot s_2 + C_4''} \quad (19)$$

Уравнение (19) представляет кривую 2 рис. 1 с определенным максимумом в точке  $M$ . Это означает, что при увеличении толщины плиты до определенного значения  $s_M$  производительность прессы повышается, ибо длительность непокрытых вспомогательных операций на единицу выпускаемой продукции уменьшается. При этом уменьшение непокрытых вспомогательных операций перекрывает увеличение длительности самого прессования, в результате чего продолжительность всего цикла прессования уменьшается, а производительность прессы, соответственно, увеличивается. При дальнейшем же повышении толщины выпускаемых плит удлинение времени прессования превышает сокращение непокрытых вспомогательных операций, и в результате увеличивается длительность полного цикла прессования. Это, естественно, вызывает понижение производительности прессы относительно  $A_M$ .

Толщина  $s_M$ , при которой производительность прессы максимальна, может быть найдена следующим образом

$$\frac{dA}{ds_2} = \frac{C_1'' (C_2''' \cdot s_2^2 + C_3''' \cdot s_2 + C_4'') - (2C_2''' \cdot s_2 + C_3''') \cdot C_1'' \cdot s_2}{(C_2''' \cdot s_2^2 + C_3''' \cdot s_2 + C_4'')^2} = 0$$

отсюда

$$C_1'' \cdot (C_2''' \cdot s_2^2 + C_3''' \cdot s_2 + C_4'') - (2 \cdot C_2''' \cdot s_2 + C_3''') \cdot C_1'' \cdot s_2 = 0$$

$$\text{и } s_2 = \sqrt{\frac{C_4''}{C_2'''}}$$

Подставляя в формулу значения  $C_2'''$  и  $C_4''$ , получим

$$s_2 = \sqrt{\frac{(l-p) \cdot (u_1 + u_3) n + u_1 \cdot u_3 (t_1 + t_3 + t_5 + t_n)}{u_1 \cdot u_3 \cdot z}} \quad (20)$$

По этой формуле может быть найдена толщина плиты, при которой производительность многоэтажного плиточного прессы будет максимальной в каждом отдельном случае. Значение  $s_M$  будет различно для каждого типа прессы, каждого связующего вещества и времени каждой выдержки  $z$ .

## ОПЫТЫ МИКРОФОТОГРАФИИ БУРОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Б. Ф. НИКАНДРОВ

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

При решении задачи комплексной переработки древесины лиственных пород представляет интерес сочетание существующих методов получения полуцеллюлоз из древесины, подвергнутой предварительной термической переработке (бурой древесины). Такая древесина представляет собой целлюлигинин с содержанием около 6% пентозанов.

Наша работа проводилась в США в Вашингтонском университете в г. Сиатл.

Для опытов применялась древесина березы (*White birch*) и осины, которая в измельченном виде подвергалась термической переработке в среде дизельного топлива до температуры 275°С. Теплоноситель из щепы отдувался водяным паром. В процессе пиролиза отбирался дистиллат, содержащий значительное количество органических кислот и других лесохимических продуктов. Бурую древесину (остаток) охлаждали и из нее готовили целлюлозу натронным или сульфатным способом. Процесс приготовления целлюлозы состоял в следующем: 50 г бурой древесины заливали в автоклаве раствором щелочи (50 г NaOH на 1 л воды) и в течение 15 мин подогревом поднимали давление до 10,4 ат; после 15 мин выдержки давление в течение 5 мин снижали. Затем массу промывали водой и измельчали до 10° ШР.

От каждой варки отбирали волокна для исследования и приготовления бумажных образцов.

С целью сравнения состояния волокна, не подвергнутого действию щелочи, были приготовлены препараты по методу Франклина, по которому делигнификация осуществляется одной частью ледяной уксусной кислоты и двумя частями 6%-ной перекиси водорода при 60°С в течение 48 час. При этом полного размягчения кусочков бурой древесины не происходило, тогда как целлюлоза, образованная после варки в щелочи, представляла собой разделенную на волокна массу (рис. 1).

Общий вид целлюлозы, полученной из березовой бурой древесины после варки ее со щелочью, показан на рис. 2. Волокно темнее обычного волокна из березы (рис. 3) и тоньше: толщина его составляет 60% от обычного. Очевидно сужение произошло в результате удаления гемицеллюлоз при предпиролизе. Удаление их способствует разрушению и ослаблению связей между фибриллами [1], что приводит к расщеплению волокна при нагревании. По-видимому, существенное влияние на крепость волокна имеет также удаление гидроксильных групп. На расщепление и сморщивание волокна (рис. 2) в некоторой степени влияет



Рис. 1. Волокна целлюлозы после щелочной варки березовой бурой древесины. Увеличение в 23,2 раза.

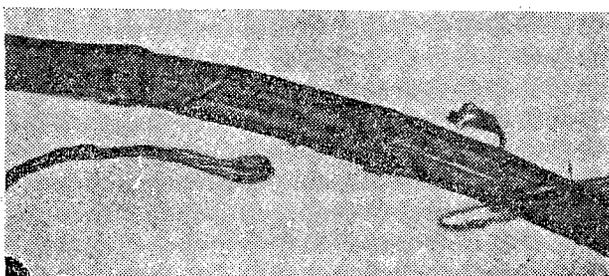


Рис. 2. Общий вид волокна целлюлозы, полученной при щелочной варке березовой бурой древесины. Увеличение в 300 раз.

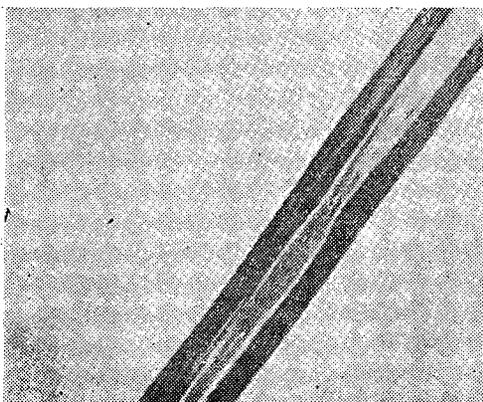


Рис. 3. Волокно исходной березовой древесины. Увеличение в 300 раз.

процесс варки, так как волокно, полученное при делигнификации такого же исходного материала методом Франклина, имеет более ровную структуру (рис. 4).

Целлюлозная масса после щелочной варки бурой древесины имеет темный цвет, однако после промывки с водой она становится светлой.

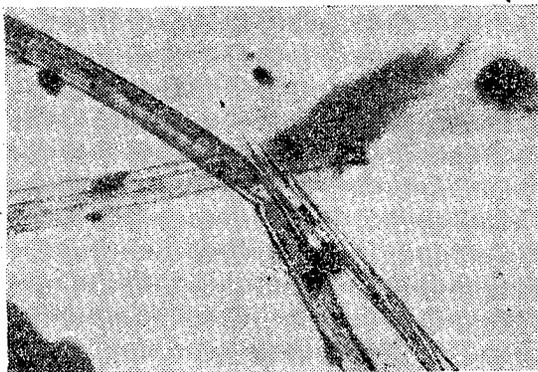


Рис. 4. Волокна бурой березовой древесины, полученное методом Франклина. Увеличение в 133,3 раза.



Рис. 5. Целлюлоза после щелочной варки осиновой бурой древесины. Увеличение в 23,2 раза.

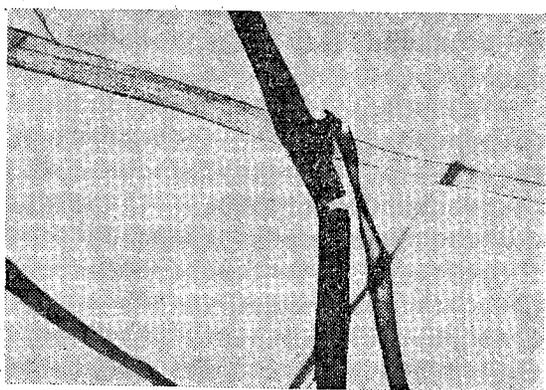


Рис. 6. Общий вид волокна целлюлозы из осины. Увеличение в 133,3 раза.



Рис. 7. Общий вид целлюлозы из березовой бурой древесины после обработки исходной древесины раствором соляной кислоты с последующим предпиролизом в среде жидкого теплоносителя. Увеличение в 23,2 раза.

Подобные же опыты были проведены с осиной.

В отличие от целлюлозы, приготовленной из березовой бурой древесины, целлюлоза из бурой древесины осины обладает небольшой способностью склеиваться (рис. 5). После промывки она имеет бурый цвет. Волокно приобретает хрупкость, становится тоньше и скручивается (рис. 6).

Так как лиственные породы богаты пентозанами, их можно перерабатывать не только на обычные лесохимические продукты, но и на фурфурол и остаток, содержащий значительное количество целлюлозы — сырья для последующего производства волокнистых продуктов.

Если исходную древесину обработать 5%-ным раствором соляной кислоты при температуре 80°C с последующим предпиролизом в среде дизельного топлива, то образуется до 6% фурфурола, однако, древесный остаток получается сильно обугленным. Снижение влияния кислот на древесину уменьшает выход фурфурола. При пропитке древесины таким же раствором кислоты при более мягких условиях (при комнатной температуре) выход фурфурола снижается, но в остатке от предпиролиза можно получить бурую древесину.

В табл. 1 приведены результаты опытов получения фурфурола и бурой древесины.

Таблица 1

№ опытов	Сырье	Влажность, % отн.	Загрузка, г.	Впиталось раствора кислоты, г	Время, пиролиза, мин.	Количество, г		Выход фурфурола, % от а.с.д.	Потери с газами и неучтенные потери, % от загрузки
						дистиллата	твердого остатка		
1	Береза	12	250	158	60	212	170	3,4	6,7
2	"	12	250	220	43	289	162	3,3	4,2
3	"	12	200	126	46	178	130	3,0	5,6
4	"	12	180	114	35	161	110	5,7	11,4
5	Осина	7,8	200	245	38	283	142	2,7	4,5
6	"	7,8	200	230	41	278	139	2,5	3,2
7	"	7,8	200	281	49	325	141	4,3	3,2



Рис. 8. Те же волокна, что и на рис. 7, увеличенные в 133,3 раза.

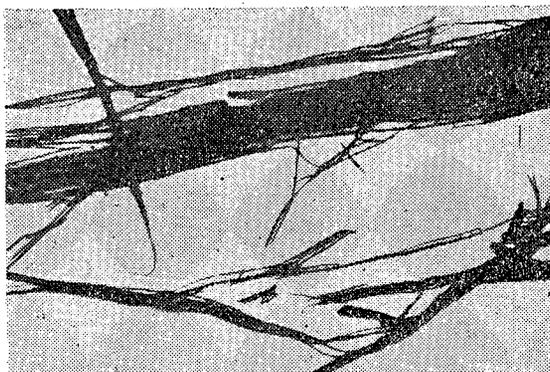


Рис. 9. Целлюлоза из бурой древесины осины после предварительной обработки исходной древесины раствором соляной кислоты с дальнейшим предпиролизом. Увеличение в 53,3 раза.

Средний выход уксусной кислоты составляет около 7% от а.с.д. Количество фурфурола определялось с помощью барбитуровой кислоты.

В опытах 4 и 7 остаток представлял собой уголь, в других опытах древесина имела вид бурой массы.

На рис. 7 показана целлюлозная масса, приготовленная из бурой древесины березы после предварительной обработки исходной древесины 5%-ной соляной кислотой. На рис. 8 изображены те же волокна при большем увеличении. На рисунках видно, что волокна приобретают способность склеиваться, становятся более хрупкими, тонкими и больше расщепляются.

Волокна из осины (рис. 9) склеивались сильнее и не разделялись даже при увеличении градуса помолы.

Из целлюлозы, полученной после варок бурой древесины со щелочью без обработки и с предварительной обработкой свежей древесины соляной кислотой, делали образцы отливок, которые подготавливали к испытаниям вначале нагревом в течение 5 мин под давлением, а затем выдержкой в течение суток в стандартных условиях.

Результаты опытов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сырье	Кислотная обработка	Способ приготовления целлюлозы из бурой древесины	Выход целлюлозы, % от загрузки	Разрывная длина, м	Сопротивление разрыву, г
Береза	Не обработана	Натронный	42,7	633	6,09
"	5% HCl	"	31,6	60,2	4,2
Осина	Не обработана	"	36,2	—	3,77
"	5% "HCl	Сульфатный	38,0	23,7	3,92
"	"	Натронный	16,2	0	0,3
Целлюлоза из осины для газетной бумаги [2]	Не обработана	Сульфатный	—	—	0,74

Сопротивление продавливанию для наших образцов составляло 0,57—2,0 в американских единицах (*пинт/фунт*); для сравниваемого образца эта величина равнялась 0,20. Испытание образцов отливок проводилось по методикам, описанным в TAPPI Standart.

Разрывная длина у отливок целлюлозы березовой бурой древесины, полученной после кислотной обработки, и у бурой древесины осины ниже, чем у образцов из бурой древесины березы, которая предварительно не обрабатывалась кислотой.

Выход целлюлозы после кислотной обработки древесины снижается. Так, из березы выход равен 31,6%, а в случае с осиной он составляет лишь 16,2%. Однако из низкосортной целлюлозы, показывающей низкие результаты при испытании отливок, могут быть получены прочные волокнистые плиты. Такие плиты были получены прессованием с мочевино-формальдегидной смолой.

На прочность листа целлюлозы влияет также длина волокон. На рис. 10 показано изменение средней длины волокон в зависимости

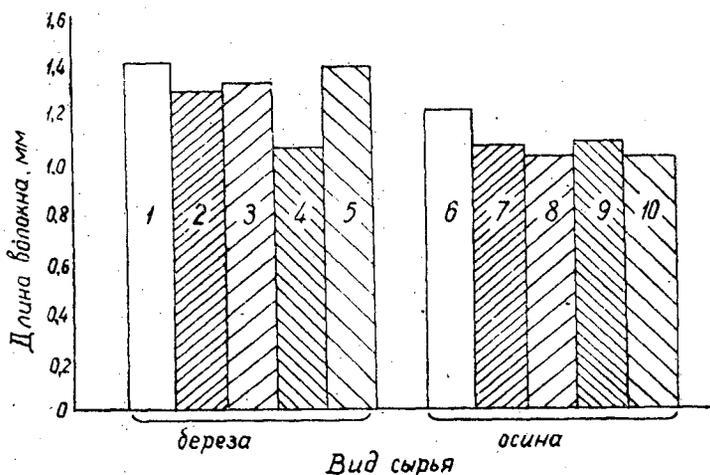


Рис. 10. Изменения длины волокна в зависимости от вида исходного сырья.

1— длина волокна обычной древесины; 2— то же бурой древесины; 3— то же целлюлозы из бурой древесины; 4— то же целлюлозы из бурой древесины после обработки исходной древесины раствором соляной кислоты; 5— то же целлюлозы из бурой древесины после обработки исходной древесины раствором слабых органических кислот; 6— длина волокна обычной осины; 7— волокно бурой древесины; 8— длина волокна целлюлозы из бурой древесины при сульфатном процессе; 9— то же из бурой древесины при натровном процессе; 10— то же целлюлозы из бурой древесины после обработки исходной древесины раствором соляной кислоты.

от способа получения бурой древесины и породы древесины. При этом длина волокон снижается, если древесина была предварительно обработана соляной кислотой. При обработке древесины слабыми кислотами длина волокна снижается незначительно.

Таким образом, нагревание древесины в среде дизельного топлива способствует не только получению органических веществ, но, по-видимому, остаток может быть использован на получение некоторых бумажных продуктов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Труды Института лесохозяйственных проблем Академии наук Латвийской ССР, 12, 1957. [2]. ТАРПИ No 10, 43, p. 878.

---

Поступила в редакцию  
2 июля 1962 г.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДОВ ОБРЕЗНЫХ СТАНКОВ

Г. М. ГЕРНЕТ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

Обеспечение соответствующей производительности лесопильного потока, обусловленной пропускной способностью главного станка — лесопильной рамой — требует увеличения производительности всех последующих звеньев потока. Наиболее «узким местом» потока в настоящее время является участок обрезных станков. Как показал анализ работы этих станков, дальнейшее увеличение их производительности возможно за счет механизации вспомогательных операций и автоматизации процесса управления станком, что значительно сократит вспомогательное время.

Одним из составных элементов вспомогательного времени является время, затрачиваемое на подачу команды и перемещение подвижной пилы на размер, определяемый шириной выпиливаемой доски. Специфическая особенность условий работы обрезного станка, заключающаяся в необходимости периодически устанавливать подвижную пилу на заданный размер, потребовала создания следящих гидрофицированных механизмов.

Имеющиеся в настоящее время механизмы могут быть разделены на два основных типа.

1. Гидравлические, с механической связью управления (к ним относятся механизмы, которыми оснащены обрезные станки ЦД-Г, конструкции ЦНИИМОДа, завод-изготовитель СМЗ; ЦД-6 завод-изготовитель «Строймаш»; Н-8 финской фирмы «Кархула»; ТОР шведской фирмы «Содерхамнс» и др.).

2. Электрогидравлические с электрической связью управления (обрезной станок ЦД-5, завод-изготовитель «Строймаш»).

При эксплуатации опытных партий обрезных станков ЦД-5 и ЦД-Г выявились некоторые недостатки гидравлических систем, которыми оснащены эти станки.

С целью выбора рациональной гидросистемы механизма и дальнейшего совершенствования существующих схем необходимо было провести сравнительное исследование их, которое позволило бы сделать соответствующие выводы о целесообразности применения той или иной системы, а также дать необходимые рекомендации конструкторским бюро, занимающимся проектированием обрезных станков. При этом основным критерием была принята зависимость между точностью установки суппорта с подвижной пилой на заданный размер и скоростью перемещения.

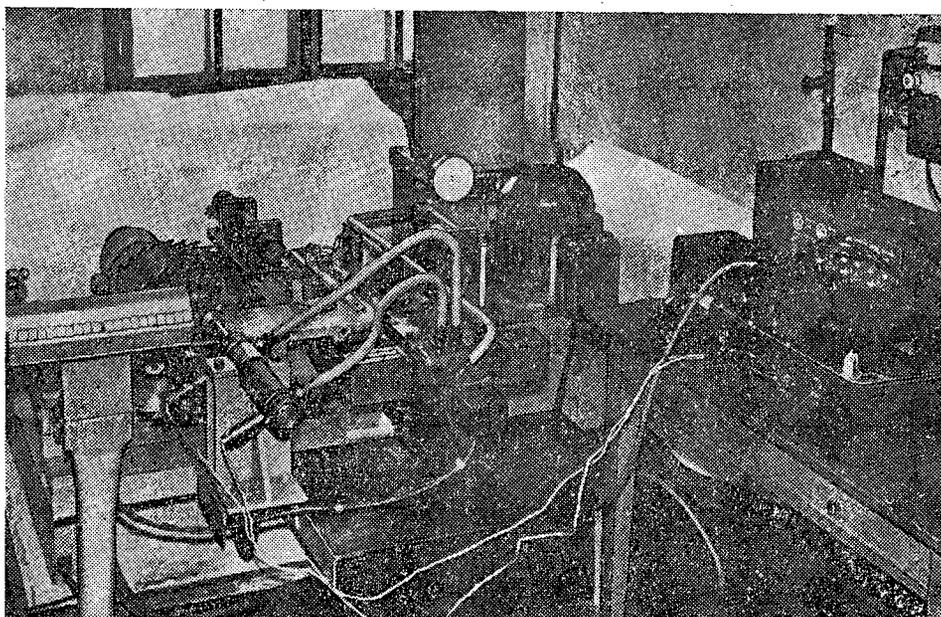


Рис. 1. Экспериментальная установка.

Для выполнения поставленной задачи автором была спроектирована экспериментальная установка, общий вид которой представлен на рис. 1.

Исследование гидроэлектрической системы с электроконтактным датчиком управления проводилось в лабораторных условиях на специальном стенде, который, помимо гидравлической части, включал в себя узел механизма резания с пильным валом, подвижным суппортом и направляющими, по которым перемещается суппорт, а также следящее гидроэлектрическое устройство.

Экспериментальная установка состоит из следующих основных узлов: механической части, гидроцилиндра, следящего гидроэлектрического распределительного устройства с клавиатурным пультом управления, насосной станции с контрольно-регулирующей гидравлической аппаратурой.

**Механическая часть.** На жесткой сварной станине, выполненной из швеллерных балок № 30, смонтирован узел пильного вала с подвижным суппортом\*. На пильном валу устанавливались две круглые пилы 550 мм. Привод пильного вала осуществлялся с помощью клиноременной передачи от асинхронного электродвигателя АО 51-2,  $N = 4,5$  кВт и  $n = 2900$  об/мин. Передаточное отношение шкивов обеспечивало вращение пильного вала с  $n = 2200$  об/мин.

Подвижной суппорт и направляющие имеют обработанные пластики для установки на них датчиков и контрольно-измерительной аппаратуры.

Гидроцилиндр установлен на сварном кронштейне, прикрепленном к станине. Крепление гидроцилиндра к кронштейну произведе-

\* Узел пильного вала, подвижной суппорт и направляющие суппорта выполнены в соответствии с техническими условиями и рабочими чертежами на аналогичные узлы обрезающего станка ЦД-Г конструкции ЦНИИМОДА.

но болтовым соединением посредством вкладыша, который помещен в специально предусмотренную для этой цели кольцевую выточку на внешней стенке цилиндра. Конструкция гидроцилиндра обеспечивает проведение опытов как с односторонним, так и с двухсторонним штоком. Уплотнение поршня осуществлено с помощью четырех поршневых колец из СЧ21-40. Уплотнение штоков обеспечено комплектом уплотнительных колец из маслостойкой резины. Шток гидроцилиндра жестко крепится к подвижному суппорту посредством кронштейна.

В процессе исследования между кронштейном и штоком устанавливалось промежуточное звено с датчиком усилия. По концам гидроцилиндра в утолщенных стенках имеется два резьбовых отверстия, в которые ввернуты штуцера для соединения цилиндра с гидросистемой.

Следящее устройство предназначено для управления реверсивным золотником и состоит из трехпозиционного четырехходового реверсивного золотника с электрическим управлением, колонки с клавиатурным пультом управления, электроконтактного датчика, двух электромагнитных реле. При работе гидроэлектрического привода имелась возможность встраивать в гидравлическую систему реверсивный золотник как третьего, так и четвертого исполнения. В первом случае при среднем положении золотника обе полости цилиндра соединялись с баком, а нагнетательная линия была заперта. Во втором случае применялся золотник с запертыми полостями цилиндра, нагнетательной линией и сливом при среднем положении. Питание электромагнитов золотника осуществлялось от сети переменного тока напряжением 127 в. На гидрокинематической схеме (рис. 2) показан золотник ЗГ73-13. На принципиальной электрической схеме следящей системы (рис. 3) видно, что при нейтральном положении системы цепь электромагнитов золотника разомкнута нормально открытыми контактами реле.

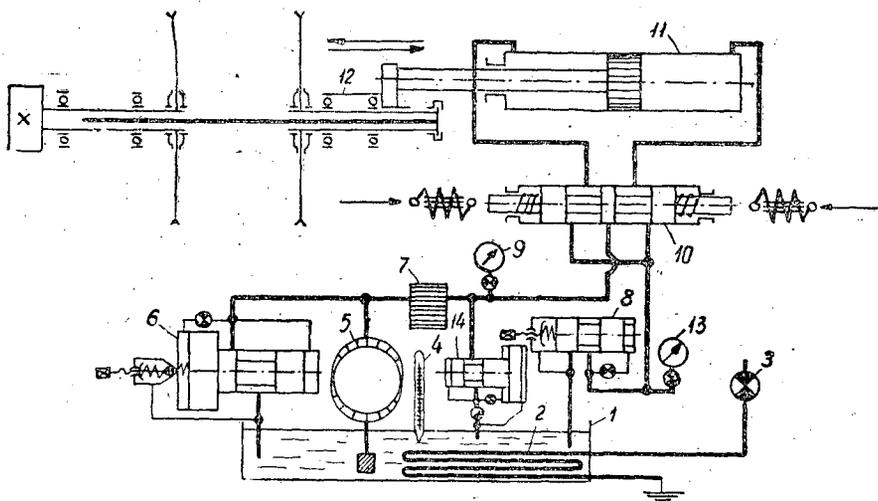


Рис. 2. Гидрокинематическая схема.

Клавиатурный пульт управления смонтирован на металлической стойке, внутри которой проложен многожильный кабель, соединяющий контакты пульта с соответствующими контактами следящего датчика. На пульте управления установлены две панели клавиш, одна из которых обеспечивает цикл сближения, а другая — цикл раздвижения.

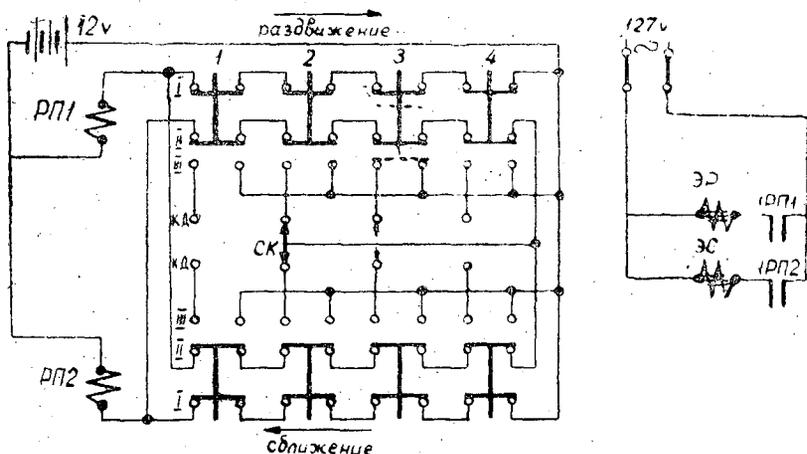


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема следящей системы.

Каждый клавиш имеет три пары контактов. На принципиальной электросхеме (рис. 3) условно показаны только четыре клавиша. При нейтральном положении системы, когда клавиши находятся вверху, I и II ряд контактов замкнуты, а III ряд — разомкнут. При нажатии на клавиш контакты I и II рядов размыкаются, а III — замыкаются. Клавиши заблокированы таким образом, что при нажатии очередного клавиша ранее опущенный автоматически поднимается (то есть в нижнем положении одновременно может находиться только один клавиш).

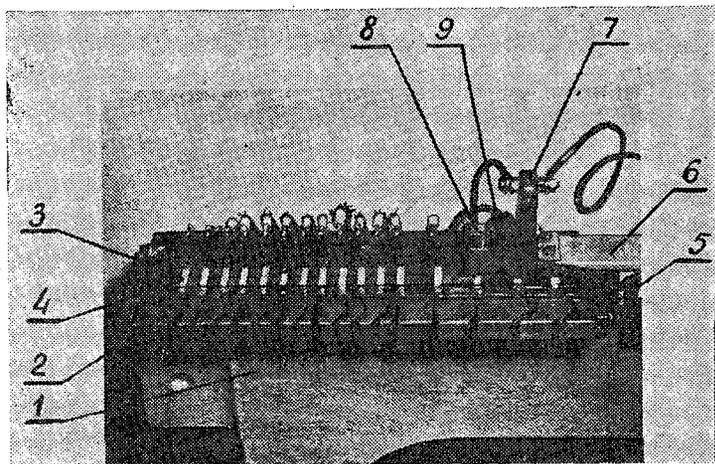


Рис. 4. Электроконтактный датчик.

Электроконтактный датчик устроен следующим образом. На пластике направляющей суппорта 1 (рис. 4) неподвижно закреплен корпус датчика 2, в котором установлены две текстолитовые планки 3 с контактами 4, выполненными из меди марки М1. Длина контакта может быть увеличена за счет смещения планок относительно друг друга, что осуществляется с помощью регулировочных болтов 5. Расстояние между контактами выбраны в соответствии с дюймовой градацией. Как

уже упоминалось, каждый контакт датчика электрически связан с соответствующим клавишем пульта управления. Обратная связь электрического сигнала осуществлялась посредством скользящего устройства: на стальной штанге 6, жестко прикрепленной к подвижному суппорту, установлен текстолитовый щиток 7, на котором смонтирован скользящий контакт 8 с прижимным устройством 9. Рабочая часть его представляет собой серебряную пластинку сечением  $1,5 \times 10$  мм. На рис. 3 контакты датчика обозначены индексом КД, а скользящий контакт — индексом СК.

Цепь управления предусматривает наличие двух промежуточных реле. Нами применены два реле постоянного тока типа МКУ-48.

Принцип работы гидроэлектрической следящей системы заключается в следующем. При нейтральном положении контакты I и II ряда клавишей нормально закрыты. Через катушки реле РП1 и РП2 проходит ток. Нормально открытые контакты реле в цепи электромагнитов ИРП1 и ИРП2 разомкнуты. Электромагниты золотника обесточены. Реверсивный золотник под действием пружин находится в среднем положении. Подвижной суппорт неподвижен.

Предположим, что необходимо увеличить расстояние между пилами, то есть переместить суппорт из второго положения в третье. Для этого нужно нажать на клавиш 3. Тогда цепь контактов I и II ряда клавишей панели раздвижения размыкается, в результате чего обесточивается катушка реле РП1. Под действием пружины подвижной системы реле нормально открытые контакты ИРП1 замыкаются. Через электромагнит ЭР проходит ток. Золотник перемещается вправо. Масло начинает поступать в штоковую полость. Происходит цикл раздвижения. Перемещение суппорта будет происходить до тех пор, пока скользящий контакт СК не дойдет до третьего неподвижного контакта датчика, после чего цепь катушки реле РП1 замыкается. Контакты реле ИРП1 размыкаются, а цепь электромагнита ЭР обесточивается. Реверсивный золотник под действием пружин устанавливается в среднем положении. Перемещение суппорта прекращается.

Насосная станция и контрольно-регулирующая гидравлическая аппаратура. В целях облегчения проведения опытов в производственных условиях вся контрольно-регулирующая гидравлическая аппаратура и силовая часть гидросистемы смонтированы на масляном баке сварной конструкции из тонколистовой стали емкостью 100 л. Внутри бак имеет перегородку, разделяющую его на две части. В первой части установлен лопастной насос с заборным патрубком, а во вторую часть выведены сливные патрубки от предохранительного клапана, дросселя и сливной магистрали. На верхней крышке маслобака установлен электродвигатель привода насоса типа АО52-6, формой исполнения Ф2, мощностью 4,5 кВт с числом оборотов  $n = 950$  об/мин. Рядом с электродвигателем на кронштейнах закреплен магнитный пускатель с кнопками управления. Электродвигатель (см. рис. 2) с помощью промежуточного фланцевого перехода крепится к лопастному насосу Г12-13 5. Для поддержания заданного давления и предохранения гидросистемы от перегрузки установлен предохранительный клапан с переливным золотником Г52-13 6. Параллельно предохранительному клапану на нагнетательной магистрали установлен пластинчатый фильтр Г41-41 7. Для регулирования скорости перемещения подвижного суппорта 12 в гидросистему параллельно силовому цилиндру 11 встроены дроссель с регулятором Г55-23 14. Возможность создания противодействия на сливе была обеспечена установкой напорного клапана Г54-13 8. При проведении экспериментов применялось минеральное

масло марки «Индустриальное 20». Особое внимание уделено очистке масла от механических примесей. Помимо пластинчатого фильтра, встроенного в нагнетательную магистраль, в крышку маслобака был вмонтирован сетчатый фильтр. Для обеспечения постоянного теплового режима масла в баке был установлен охладитель, представляющий собой змеевик 2, выполненный из медной трубки. Змеевик подключался резиновым шлангом к водопроводной сети. Регулировка температуры масла производилась путем изменения проходного сечения клапана 3, через который в змеевик проходила вода. Контроль за температурой масла осуществлялся ртутным термометром, установленным на крышке маслобака.

Для визуального контроля давления в нагнетательной магистрали и противодействия в сливной магистрали было установлено два контрольных манометра типа МКД 9, 13.

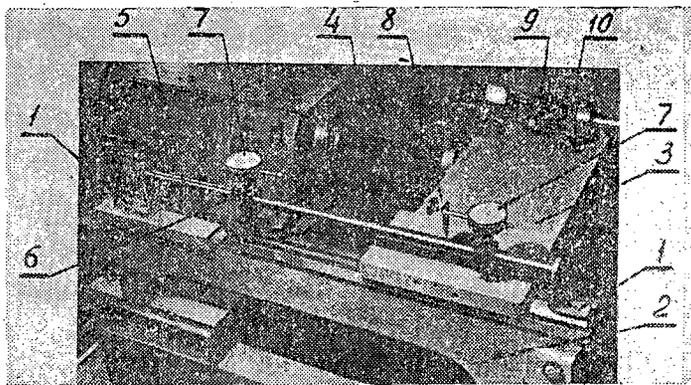


Рис. 5. Индикаторное измерительное устройство.

Измерение точности установки суппорта на заданный размер производилось специальным устройством (см. рис. 5). На двух кронштейнах 1, прикрепленных к направляющим 2 суппорта 3 параллельно оси пильного вала 4, закреплена штанга 5. На ней установлено два держателя 6, в верхних проушинах которых помещены индикаторы часового типа с запасом измерительного диапазона 10 мм. Держатели могут перемещаться по штанге и фиксироваться в нужном положении с помощью стопорных винтов. На подвижном суппорте крепится жесткий упор 8. Перебег суппорта фиксировался индикатором, в наконечник которого упиралась рабочая площадка упора. При исследовании гидроэлектрической системы с электроконтактным следящим устройством первоначальная установка индикатора производилась при нулевом значении перебега, то есть тогда, когда скользящий контакт начинал касаться неподвижного контакта. Момент начала касания контактов определялся с помощью тестера типа ТТ-1 при ручном перемещении суппорта. Измерение скорости перемещения подвижного суппорта производилось с помощью магнито-электрического датчика\*.

Измерение усилия трения скольжения суппорта по направляющим производилось с помощью тензометрического датчика усилия, состоящего из стального кольца 9 (рис. 5) и двух пар разъемов 10. Чувствительным элементом датчика является кольцо, на внешней и внутрен-

\* Г. М. Гернет. Применение магнито-электрического датчика скорости при исследовании гидропривода обрезных станков. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1962.

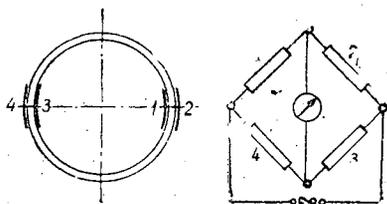


Рис. 6. Схема наклейки и соединения датчиков сопротивления.

ней стенках которого наклеены проволочные датчики с базой 20 мм и сопротивлением 186,4 Ом, изготовленные из константановой проволоки диаметром 0,03 мм. Измерительная база датчиков совпадает с направлением образующих цилиндра. На рис. 6 представлены схемы наклейки датчиков на кольцо и соединение их в электрический мост. Кольцо с наклеенными датчиками встроено между штоком гидроцилиндра и подвижным суппортом. Под действием усилия, необходимого для преодоления трения скольжения при перемещении суппорта по направляющим, кольцо деформируется, в результате чего изменяются и геометрические размеры проволоки, что влечет за собой изменение электрического сопротивления датчиков. В соответствии с этим равновесие моста нарушается, и на его измерительной диагонали появляется ток небаланса, пропорциональный деформации кольца. При цикле раздвижения внутренняя стенка кольца сжимается, а наружная — растягивается. Поскольку практически невозможно приклеить датчики на противоположные стороны кольца строго симметрично, то при разных циклах, но при одном и том же усилии, разбаланс моста получается разным. Поэтому тарировка датчика усилия производилась как при растяжении, так и при сжатии кольца, что соответствовало циклам раздвижения и сближения пил. Для каждого цикла строился свой тарировочный график. Кольцо было изготовлено из стали 65Г. Перед приклейкой датчиков кольцо закаляли до твердости  $H_{RC} 45$ . Благодаря такой предварительной обработке была достигнута линейная зависимость между деформацией кольца и величиной передаваемого усилия.

Во время эксперимента запись на пленку от датчика скорости и датчика усилия осуществлялась при помощи осциллографа типа МПО-2. Для получения отметок времени на осциллограмме был применен отметчик времени типа П-104; запись производилась вибратором типа V. На выходе отметчик времени дает напряжение переменного тока частотой 1; 10; 100; 1000 гц. Для питания моста датчика усилия и для усиления снимаемого напряжения с измерительной диагонали был применен четырехканальный электронный усилитель ТУ4М, питание которого осуществлялось через феррорезонансный стабилизатор напряжения СТ-200 и выпрямитель.

После проведения опытов в лабораторных условиях насосная станция экспериментальной установки с контрольно-регулирующей гидравлической аппаратурой и измерительными устройствами была применена при исследовании работы обрезных станков ЦД-Г и Н-8 непосредственно в производственных условиях.

## О ПОПРАВОЧНЫХ И ПЕРЕСЧЕТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТАХ НА ВЛАЖНОСТЬ ДЛЯ ПРЕДЕЛОВ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ, ПРОШЕДШЕЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНУЮ СУШКУ\*

**Н. Л. ЛЕОНТЬЕВ**

Профессор, доктор сельскохозяйственных наук

**Р. П. БОЛДЕНКОВ**

Кандидат технических наук

(ЦНИИ механической обработки древесины)

В последнее время в связи с широким применением высокотемпературной сушки древесины часто возникает необходимость оценки степени влияния высоких температур на ее механические свойства. Для получения этих сведений обычно сравниваются показатели механических свойств контрольных и высушенных образцов. Чтобы получить сравнительные данные, необходимо испытывать все образцы с одинаковой влажностью (что практически невозможно), либо пересчитывать показатели механических свойств к единой влажности ( $W=15\%$ ).

В связи с этим иногда высказывается мнение, что при испытаниях высушенной при высоких температурах древесины нельзя пользоваться поправочными коэффициентами на влажность, приведенными в ГОСТе 6336—52 [1], [9]. Учитывая теоретическую и практическую важность знания поправочных и пересчетных коэффициентов на влажность для древесины, высушенной при высоких температурах, в ЦНИИМОДе были проведены исследования, основные результаты которых приводятся в настоящей статье\*\*.

При решении вопроса о поправочных и пересчетных коэффициентах\*\*\* на влажность для древесины, подвергнутой воздействию высоких температур, следует рассматривать два случая. Первый, когда подвергшаяся воздействию высокой температуры древесина испытывается при заданной температуре и влажности, и второй, когда древесина испытывается при обычных атмосферных условиях. Для первого случая поправочные и пересчетные коэффициенты были определены на основании имеющихся литературных данных [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Для второго были поставлены специальные опыты.

\* По материалам ЦНИИМОДа.

\*\* Экспериментальные работы под руководством авторов выполнены инженерами В. К. Енговатовой и Т. П. Туфановой.

\*\*\* Под поправочными коэффициентами на влажность здесь понимаются коэффициенты  $\alpha$ , приведенные в ГОСТе 6336—52 «Методы физико-механических испытаний древесины», а под пересчетными — коэффициенты, предложенные Н. Л. Леонтьевым (см. «Стандартизация» № 9, 1960).

Поправочные и пересчетные коэффициенты на влажность  
для древесины, испытанной при заданной температуре и влажности

Поправочные коэффициенты  $\alpha$  вычислялись по формуле А. Х. Певцова [8] для каждой температуры, при которой испытывалась древесина.

Для определения пересчетных коэффициентов были вычислены уравнения квадратной параболы, выражающие зависимость прочности древесины от влажности, испытанной при разных влажности и температуре. По уравнениям были определены пределы прочности при влажности 5; 10; 15; 20 и 25% для каждой градации температуры, а затем пересчетные коэффициенты на влажность по формуле

$$K_W = \frac{\sigma_{15}}{\sigma_W},$$

где  $\sigma_{15}$  — предел прочности при 15% влажности;

$\sigma_W$  — предел прочности при влажности  $W$ , изменяющейся от 5 до 25%.

Коэффициент  $K_{30}$  не вычислялся, так как при повышении температуры влажность при точке насыщения волокна меньше 30%.

Результаты определения поправочных и пересчетных коэффициентов на влажность для древесины, испытанной при заданной температуре и влажности, приводятся на рис. 1 и 2.

Зависимость поправочного и пересчетного коэффициентов для подавляющего числа случаев имеет прямолинейный характер, только для древесины сосны и дуба при сжатии вдоль волокон наблюдается некоторое отклонение от прямолинейной зависимости. Исходя из этого нами, в качестве первого приближения, были вычислены поправки к  $\alpha$  и  $K_W$  на температуру, представляющие собой изменение коэффициентов  $\alpha$  и  $K_W$  при увеличении температуры на 1°С (см. табл. 1).

Пользуясь этими поправками, а также значениями  $\alpha$ , приведенными в ГОСТе 6336—52, и  $K_W$ , приведенными в «Руководящих технических

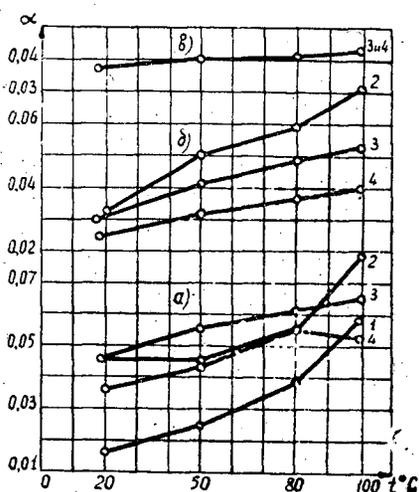


Рис. 1. Зависимость поправочного коэффициента  $\alpha$  от температуры.

а — сжатие вдоль волокон; б — статический изгиб; в — скалывание вдоль волокон, 1 — сосна; 2 — дуб; 3 — ель; 4 — ольха.

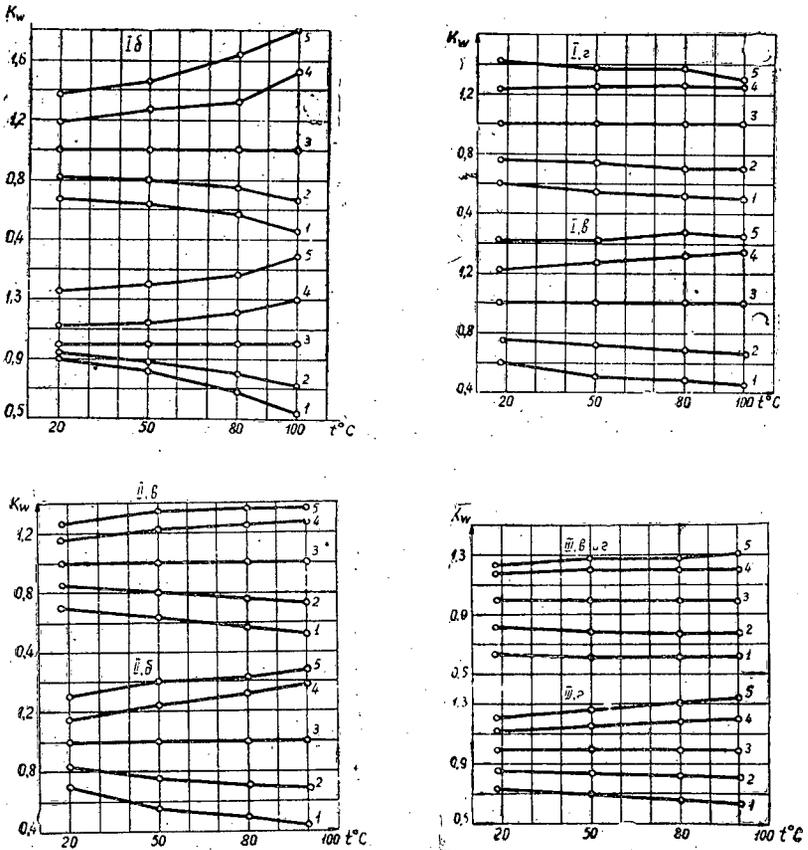


Рис. 2. Зависимость пересчетного коэффициента  $K_w$  от температуры.

I— сжатие вдоль волокон; II— статический изгиб; III— скалывание вдоль волокон;  
 а— сосна; б— дуб; в— осина; 2— ольха; 1— влажность 5%; 2—10%; 3—15%;  
 4—20%; 5—25%.

материалах», утвержденных Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР взамен ГОСТа 4631—49 «Показатели физико-механических свойств древесины», можно производить пересчет пределов прочности древесины, испытанной при заданной температуре и влажности, к различной влажности.

Таблица 1

Порода	Сжатие вдоль волокон		Статический изгиб		Скалывание вдоль волокон в радиальном и тангентальном направлении	
	$\alpha$	$K_w$	$\alpha$	$K_w$	$\alpha$	$K_w$
Бук . . . . .	0,0005	—	—	—	0,0005	—
Дуб . . . . .	0,0005	0,0030	0,0004	0,0030	0,0005	—
Ель . . . . .	0,0001	—	—	—	—	—
Ольха . . . . .	0,0001	0,0010	0,0003	0,0010	0,0001	0,0005
Осина . . . . .	0,0003	0,0010	0,0003	0,0010	0,0001	0,0005
Сосна . . . . .	0,0008	0,0030	0,0001	—	0,0003	—

Примечание. Поправки для  $K_w$  при влажности до 15% берутся со знаком минус, а при влажности более 15% — со знаком плюс.

*Поправочные и пересчетные коэффициенты на влажность  
для древесины, высушенной при высокой температуре,  
но испытанной в обычных атмосферных условиях*

Поправочный и пересчетный коэффициенты были определены для древесины сосны при сжатии вдоль волокон. Сушка реек размером  $40 \times 40 \times 500$  мм производилась при  $120^\circ\text{C}$  в течение 24 час. Приведение образцов (контрольных и из высушенной древесины) к требуемой влажности производилось путем их выдерживания над раствором серной кислоты соответствующей концентрации. Испытания проводились по ГОСТу 6336—52, при скорости нагружения 10 мм/мин. При каждой градации влажности было испытано 20 образцов. Полученные значения коэффициентов  $\alpha$  и  $K_w$  приводятся в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Образцы	$\alpha$	$m_\alpha$	$\frac{\alpha}{m_\alpha}$	$t$
Контрольные . . . . .	0,0461	0,0042	11,0	0,97
После сушки . . . . .	0,0522	0,0047	11,1	3,0

Таблица 3

Образцы	Значения $K_w$ при влажности				
	5	10	15	20	25
Контрольные . . . . .	0,602	0,775	1,000	1,255	1,495
После сушки . . . . .	0,540	0,740	1,000	1,280	1,410
Разница, % . . . . .	-10,0	-4,5	0,0	+2,8	-6,0

Значения поправочного коэффициента  $\alpha$  для контрольных образцов и для образцов из древесины, после сушки при температуре  $120^\circ\text{C}$ , близки между собой и близки к значению  $\alpha$  по ГОСТу 6336—52 для сосны ( $\alpha = 0,05$ ). Разница между ними недостоверна, так как 0,97 значительно меньше 3. Судя по отношению  $\frac{\alpha}{m_\alpha}$ , достоверность значений  $\alpha$  высокая.

Таким образом, наши исследования не подтвердили мнение сотрудников Уральского лесотехнического института [1], [9], что приведенные в ГОСТе 6336—52 поправочные коэффициенты на влажность неприменимы при испытаниях древесины, высушенной при высоких температурах.

Кстати, отметим, что данные Уральского института также подтверждают наш вывод. При обработке этих данных поправочный коэффициент на влажность при сжатии вдоль волокон для древесины сосны, высушенной перегретым паром при температуре  $120^\circ$ , оказался равным 0,054, а для древесины комнатной сушки — 0,053.

Пересчетные коэффициенты на влажность  $K_w$  также являются величинами одного порядка. Только при 5% влажности разница достигает 10%, что, по-видимому, обусловлено малым числом наблюдений ( $n = 20$ ).

### Заключение

Полученные при исследовании данные дают возможность предполагать, что поправочные коэффициенты на влажность  $\alpha$ , приведенные в ГОСТе 6336—52 и пересчетные коэффициенты  $K_w$ , приведенные в «Руководящих технических материалах на показатели физико-механических

свойств древесины» можно применять в тех случаях, когда древесина высушена при высокой температуре, но испытана при обычных атмосферных условиях.

Однако для окончательного решения данного вопроса необходимо продолжить исследования, используя древесину других пород и применяя различные виды действия силы.

При испытаниях древесины при заданной температуре и влажности также можно применять эти коэффициенты, но с учетом поправок на температуру, приведенных в табл. 1.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. И. Ананьин. Исследование влияния высокотемпературной сушки древесины на ее механическую прочность. Кандидатская диссертация и автореферат. Уральский лесотехнический институт, Свердловск, 1960. [2]. Ф. П. Белянкин. Механические характеристики древесины дуба и сосны при разных гидротермических состояниях в связи с теорией гнутарного процесса. АН УССР, Киев, 1939 (на украинском языке). [3]. Р. П. Болденков. К вопросу о зависимости поправочных коэффициентов на влажность от температуры. Информационный листок ЦНИИМОДа № 8 (219). Химки, Московской области, 1956. [4]. Р. П. Болденков. Обоснование метода пересчета показателей механических свойств древесины к стандартной температуре. Кандидатская диссертация и автореферат. Московский лесотехнический институт, М., 1960. [5]. Н. Л. Леонтьев. Влияние температуры на физико-механические свойства древесины сосны. Журн. «Вестник инженеров и техников» № 1, М., 1952. [6]. В. Н. Макаренков. Влияние температуры и влажности на механические свойства осины и черной ольхи. Кандидатская диссертация и автореферат. Воронежский инженерно-строительный институт, Воронеж, 1955. [7]. В. Н. Макаренков. Влияние температуры и влажности на предел прочности при сжатии древесины осины. Сборник трудов Томского инженерно-строительного института, Томск, 1956. [8]. Л. М. Перельгин и А. Х. Певцов. Механические свойства и испытания древесины. Гослестехиздат, М., 1934. [9]. В. Н. Петри и П. И. Ананьин. Влияние высокотемпературной сушки древесины на ее механические свойства. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 4, 1960.

Поступила в редакцию  
7 июня 1962 г.

## ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛЕ ПРИ ДВИЖЕНИИ

**Е. Д. ДОБРЫНИН**

Старший преподаватель

(Архангельский лесотехнический институт)

Ленточная пила является режущим инструментом ленточно-пильного станка. Она представляет собой бесконечную стальную ленту с режущими зубьями на одной из кромок. Полотна таких пил для делительных (ребровых) станков бывают шириной 85; 100; 125; 150; 175 мм и толщиной 0,9—1,2 мм; их изготавливают из холоднокатаной высококачественной стали марки 85ХФ [2].

В процессе изготовления и подготовки к работе ленточные пилы подвергаются различным силовым и температурным воздействиям (заточка, насечка зубьев, вальцовка — холодная прокатка, плющение и заточка зубьев и др.), которые вызывают неоднородные линейные или объемные деформации в смежных зонах полотна [1]. Вследствие этого в пилах появляются так называемые начальные или остаточные напряжения, достигающие значительной величины. Например, после насечки зубьев у зубчатой кромки возникают остаточные напряжения сжатия до 4 кг/мм<sup>2</sup>. Для рамных пил эти же напряжения достигают 6 кг/мм<sup>2</sup> [4].

Таким образом, ленточная пила, подготовленная к работе, но еще ненадетая на пильные шкивы, находится в напряженном состоянии, вызванном наличием в ней начальных или остаточных напряжений.

В процессе работы пила подвергается действию еще многих внешних сил (силы натяжения и усилий на перегибание полотна пилы на шкивах, сил инерции, сил резания и подачи, сил от нагрева полотна и др.), которые, в свою очередь, вызывают ряд соответствующих им напряжений. Несомненно, что эти напряжения как-то взаимодействуют (складываются или вычитаются) с начальными, в результате чего в полотне пилы создается очень сложная картина переменного действующих напряжений.

λ На практике ленточные пилы сравнительно часто выходят из строя из-за образования трещин и обрывов по ним. Трещины обычно появляются во впадинах зубьев, которые являются как бы концентраторами напряжений [3]. Одной из причин образования трещин являются, очевидно, сравнительно большие суммарные переменные напряжения, возникающие в процессе работы ленточной пилы. Величина этих напряжений до сего времени никем не определена, что объясняется сложностью постановки как экспериментальных, так и теоретических исследований.

Целью настоящей работы является экспериментальное определение деформаций и напряжений, возникающих в ленточной пиле от внешних сил, действующих на пилу при холостом ходе. Знание этих напряжений значительно приблизит нас к разрешению основного вопроса о напряжениях, возникающих в ленточной пиле в процессе резания. Последние могут быть найдены путем сложения напряжений, возникающих в ленточной пиле при холостом ходе с напряжениями от сил резания, подачи и т. п., которые можно найти косвенным путем.

Осуществить поставленную задачу нам удалось с помощью специально изготовленного устройства, показанного на рис. 1.

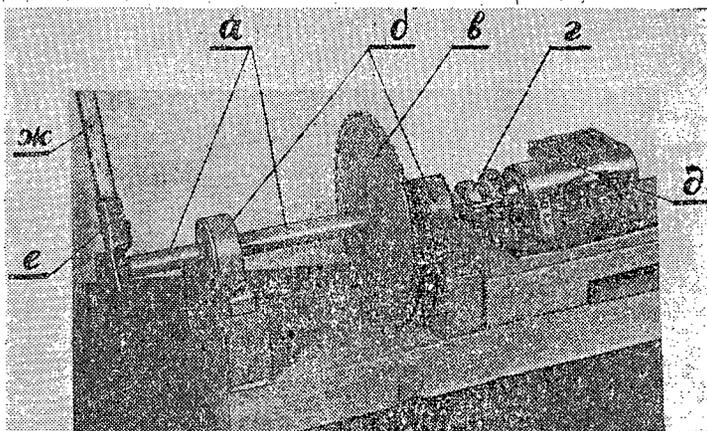


Рис. 1. Устройство к ленточнопильному станку.

Устройство к ленточнопильному станку для снятия деформаций, возникающих от внешних сил, действующих в ленточной пиле при холостом ходе, состоит из пустотелого валика *а*, опорами которого являются два радиальных подшипника *б*. На этом валике жестко закреплена звездочка *в*, которая соединяется велосипедной цепью с другой звездочкой, надетой на вал ведущего шкива станка (см. рис. 2).

С правой стороны пустотелый валик соединяется муфточкой *г* с валиком струнного токосъемника *д* конструкции В. Е. Шуина. С левой стороны валика *а* крепится обойма *е*, в которую вставлен стержень-водитель *ж*, назначение которого заключается в том, чтобы уменьшить свободную длину системы проводов и их трепание во время движения пильной ленты. Опыты производились на ленточнопильном станке типа «Стандарт». Диаметры пильных шкивов  $d = 980$  мм, ободы шкивов прямолинейные, шириной  $b = 80$  мм.

Максимальное число оборотов ведущего шкива  $n = 500$  об/мин., что соответствует окружной скорости обода шкива или (без учета скольжения) скорости движения пильной ленты  $v = 25,5$  м/сек.

Ось пустотелого валика расположена параллельно оси ведущего шкива и делит расстояние между шкивами станка пополам. Передаточное число цепной передачи рассчитано так, что число оборотов пустотелого валика соответствует числу оборотов пильной ленты, то есть свободный конец водила движется синхронно с ленточной пилой.

Общий вид ленточнопильной установки вместе с устройством и другой аппаратурой показан на рис. 2.

Измерение деформаций и напряжений, возникающих в ленточной пиле при холостом ходе, производилось при помощи датчиков сопро-

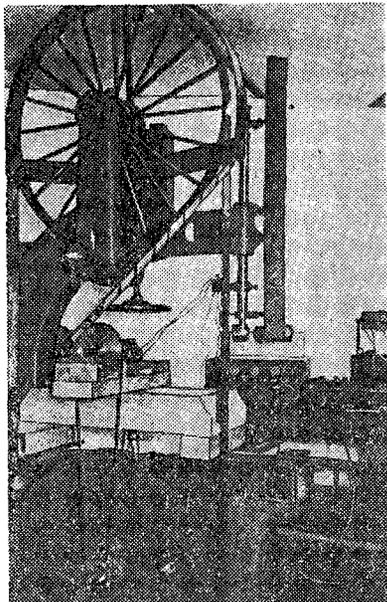


Рис. 2. Общий вид ленточнопильной установки для снятия деформаций, возникающих в ленточной пиле при холостом ходе.

тивления, струнного токосъемника и регистрирующего устройства, состоящего из четырехканального усилителя и осциллографа типа МПО-2, соединенных между собой системой проводов.

Датчики сопротивления из константановой проволоки были диаметром 30 мк, базой 20 мм, сопротивлением 187,5 ом.

В опытах использовалась ленточная пила с насеченными зубьями, невальцованная, имеющая ширину  $b = 85$  мм, толщину  $s = 1,0$  мм, шаг зубьев  $t = 40$  мм, высоту зуба  $h = 10$  мм, радиус закругления впадины  $r = 4$  мм. Сила натяжения ленточной пилы на шкивах равна 1050 кг. Задняя кромка полотна имела вогнутость, равную 0,2 мм на длине одного метра.

На поверхность полотна ленточной пилы, предварительно очищенной от грязи и масла, наклеивались датчики.

Поперек полотна на расстоянии, равном его тройной ширине, прикреплялась текстолитовая планочка сечением  $12 \times 8$  мм.

Система тонких изолированных проводов, припаянных к датчикам, сначала проходила по ленте до планочки, на которой она закреплялась, а затем поступала на водило, и с последнего пропусклась через пустотельный валик на токосъемник. Показания датчиков по системе проводов поступали на токосъемник, на усилитель и затем на осциллограф. Наклон верхнего (натяжного) шкива при холостом ходе был назад и составил угол в 18°.

Характер изменения деформаций, возникающих от внешних сил, в полотне ленточной пилы при холостом ходе, виден из осциллограмм, представленных на рис. 3, 4, 5, 6.

Из рисунков видно, что полотно ленточной пилы при холостом ходе подвержено действию переменных деформаций, периодически изменяю-

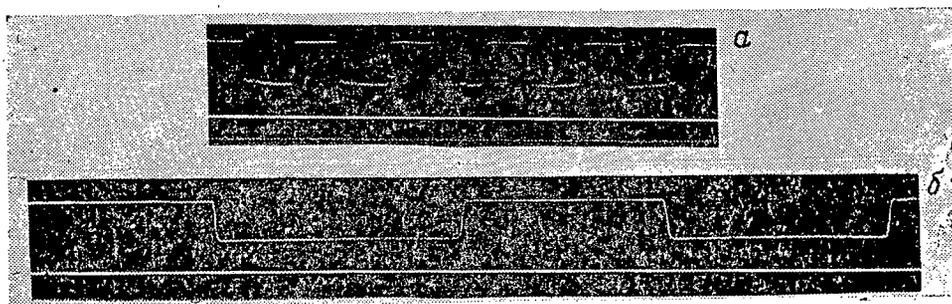


Рис. 3. Характер изменения продольных деформаций, возникающих в середине по ширине полотна ленточной пилы.

*a*— при установившемся холостом ходе пилы (скорость движения пленки при осциллографировании 100 мм/сек; *b*— в начале разгона пилы (скорость движения пленки 250 мм/сек).

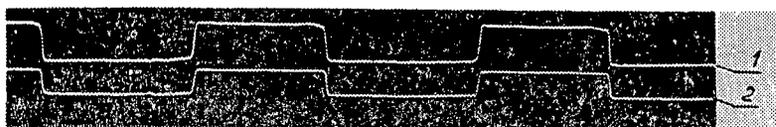


Рис. 4. Характер изменения продольных деформаций, возникающих в точках около впадин зубьев 1 и в середине по ширине полотна пилы 2 при установившемся холостом ходе (скорость движения пленки 250 мм/сек).

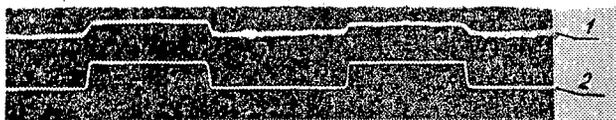


Рис. 5. Характер изменения поперечных 1 и продольных 2 деформаций, возникающих в середине по ширине полотна при установившемся холостом ходе (скорость движения пленки 250 мм/сек).

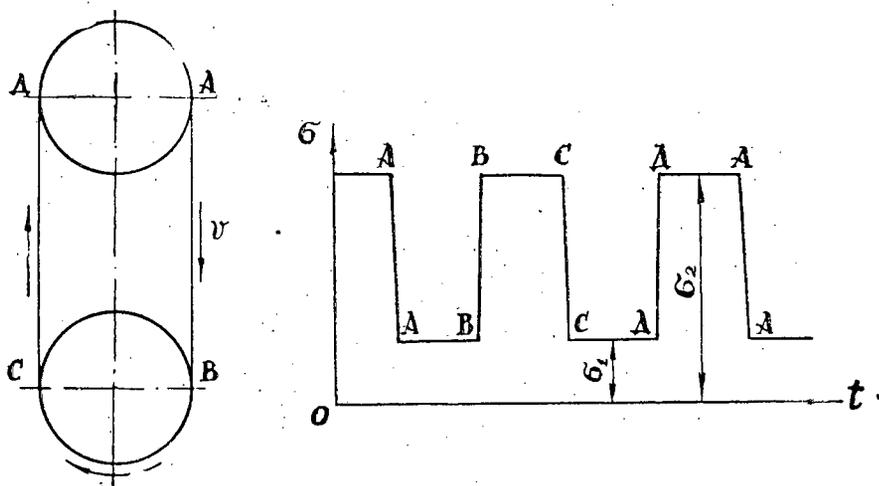


Рис. 6. Характер изменения переменных деформаций, действующих на полотно ленточной пилы при холостом ходе.

щихся во времени. Характер изменения этих деформаций понятен из рис. 6.

Кривые изменения продольных деформаций и соответствующих им напряжений, возникающих при холостом ходе ленточной пилы, представляют собой несимметричный положительный цикл.

Минимальные растягивающие напряжения ( $\sigma_1$ ) есть суммарное напряжение, возникающее на прямолинейных участках ленточной пилы (на участках *АВ* и *СД*) от силы напряжения и сил инерции. Максимальное растягивающее напряжение ( $\sigma_2$ ) — это суммарное напряжение, возникающее при перегибании ленточной пилы на шкивах (на участках *ВС* и *ДА*) от совместного действия изгиба с растяжением и силы инерции.

По середине ширины ленточной пилы продольные растягивающие напряжения имеют следующие значения:  $\sigma_1 = 8,0 \text{ кг/мм}^2$  и  $\sigma_2 = 29 \text{ кг/мм}^2$ .

Около впадин зубьев  $\sigma_1 = 11 \text{ кг/мм}^2$  и  $\sigma_2 = 41 \text{ кг/мм}^2$ .

#### ЛИТЕРАТУРА.

- [1]. М. А. Бабичев. Методы определения внутренних напряжений в деталях машин. Изд-во АН СССР, 1955. [2]. А. Э. Грубе. Дереворежущие инструменты. Гослесбумиздат, 1958. [3]. Е. Д. Добрынин. Концентрация напряжений в ленточных пилах от насечки зубьев. Журн. «Деревообрабатывающая промышленность» № 4, 1962. [4]. Ю. И. Юрьев. Вальцовка рамных пил. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 4, 1959.

Поступила в редакцию  
5 июня 1962 г.

## О ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**В. М. ХРУЛЕВ**

Кандидат технических наук

(Западно-Сибирский филиал Академии строительства  
и архитектуры СССР)

Установление стандартных величин прочности клеевых соединений представляет довольно сложную задачу, разрешить которую можно лишь на основе статистической обработки обширных экспериментальных данных.

Особенность заключается в том, что показатели, полученные при испытаниях клеевых соединений, изменяются в пределах одного изделия и между ними. В первом случае изменчивость зависит в основном от свойств применяемых материалов, в другом — преимущественно от технологических причин.

Опыт показал, что полученные при испытании клеевых соединений цифровые данные весьма различны, так как изменчивость средних арифметических для одинаковых изделий, изготовленных при равных условиях, существенно отличается от изменчивости показателей образцов, полученных в пределах каждого отдельного изделия. Тщательно соблюдая постоянство условий изготовления (однородность древесины, постоянную влажность заготовок, равномерный расход клея, устойчивую температуру прессования и т. п.), можно существенно ограничить рассеивание показаний в пределах одного изделия, однако устранить неоднородность не удастся. Отсюда следует, что требуемая точность при установлении стандартных величин может быть достигнута путем испытания определенного количества образцов, взятых от определенного количества изделий. Эти величины подсчитывают специальным методом.

На практике количество образцов, необходимое для получения представления о прочности соединения, то есть для вычисления среднего арифметического и среднего квадратического отклонения показателей в пределах отдельного изделия, определяется опытом. В стандартах различных стран указывается на необходимость испытания 5—6 образцов каждого клееного изделия. Результаты многочисленных исследований показывают, что это количество явно недостаточно. Нами установлено, например, что для испытания фанеры лучше брать по 10 образцов от каждого листа. Однако и для 10 образцов показатель изменчивости довольно непостоянен, но в целом он будет колебаться около определенной величины. Указанное количество образцов можно считать допустимым лишь для фанеры как продукта, получаемого при довольно устойчивом технологическом режиме. В других случаях, на-

пример, при испытании клееных строительных изделий мы рекомендуем брать по 20 образцов. Количество изделий может быть подсчитано, если известно общее необходимое количество образцов для обработки результатов наблюдений и задана необходимая точность подсчета.

Для определения общего количества образцов  $N$  задаются требуемой точностью вычислений (5%), средней величиной изменчивости изучаемого признака (16—23%), желаемой достоверностью результатов (для установления стандартных величин — 1) и подсчитывают его по формуле

$$N = \frac{10 \cdot v^2}{p^2} + 5, \quad (1)$$

где  $v$  — коэффициент изменчивости, %;

$p$  — показатель точности, %.

Искомая величина, подсчитанная по формуле (1), колеблется в пределах 110—220 шт. Если считать, что для изделий с устойчивой прочностью склеивания нужно брать 110 образцов, по 10 в каждом изделии, а для менее устойчивых — 220 (по 20 шт.), то число изделий для испытания составит 11 (для большей надежности рекомендуется брать не менее 12).

Таким образом, при минимальных количествах образцов ( $n = 10$ ) и изделий ( $k = 12$ ) общее число испытываемых образцов  $N$  будет равно 120. В этом случае средние арифметические, полученные для каждого листа фанеры, отличаются в среднем не менее, чем на 1,5 кг/см<sup>2</sup>, и разность между ними устойчива.

Следует отметить, что средние арифметические для каждого изделия, отдельные значения в пределах одного в общей массе показателей рассеиваются по кривой нормального распределения. Поэтому при обработке результатов испытаний клеевых соединений применяют обычные методы вариационной статистики. При обработке показателей групп образцов, полученных от нескольких одинаковых изделий, вычисляют генеральное среднее арифметическое и генеральное среднее квадратическое отклонение всех наблюдений. Кроме того, определяют среднее квадратическое отклонение средних арифметических, полученных от каждого изделия, и среднюю арифметическую величину рассеивания (дисперсию) средних квадратических отклонений, полученных в пределах каждого изделия по следующим формулам:

$$\sigma_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (M_i - M_r)^2}{k - 1}}; \quad (2)$$

$$\sigma_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_1^2}{k} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{e=1}^n (M_i - x_e)^2}{k(n - 1)}, \quad (3)$$

где  $\sigma_1$  — среднее квадратическое отклонение средних арифметических отдельных изделий;

$\sigma_2^2$  — средняя величина рассеивания (дисперсия) средних квадратических отклонений в пределах каждого изделия;

$M_r$  — генеральное среднее арифметическое;

$M_i$  — среднее арифметическое для отдельного изделия;

$\sigma_i$  — среднее квадратическое отклонение в пределах каждого изделия;

$x_e$  — отдельное значение прочности клевого соединения;

$k$  — число отобранных изделий;

$n$  — число образцов от каждого изделия.

Затем вычисляют вероятную относительную ошибку генерального среднего арифметического по формуле:

$$\Delta = t \frac{\sigma_1}{M_r \sqrt{N}}. \quad (4)$$

В случае вероятности, равной 0,950, при нормальном распределении ошибок  $t = 1,98 \approx 2$ . Полагая  $N = 120$ , можно записать

$$\Delta = 18,1 \frac{\sigma_1}{M_r}. \quad (5)$$

Проведенная нами математическая обработка результатов испытаний фанеры показала, что вероятная относительная ошибка, вычисленная по формуле (5), обычно колеблется около 1%.

Точность показаний прочности склеивания образцов одного изделия по экспериментальным данным находится в пределах 4—6%, что вполне удовлетворительно.

Рассеивание средних арифметических отдельных изделий  $\sigma_1^2$  выше, чем в пределах каждого изделия  $\sigma_2^2$ .

Отношение  $\sigma_1^2 : \sigma_2^2$  обычно колеблется между 6 и 15, причем  $\sigma_1^2$  более постоянно, чем  $\sigma_2^2$ .

Из сказанного следует, что для установления стандартных величин нет необходимости в обработке множества отдельных значений прочности, представляющих громадный цифровой материал. Можно ограничиться обработкой средних арифметических каждого отдельного изделия.

В этом случае требуемый минимум прочности  $A$  определится по формуле

$$A = M_r - t\sigma_m, \quad (6)$$

где  $\sigma_m$  — среднее квадратическое отклонение средних арифметических от каждого изделия при допущении неограниченно большого количества изделий;

$t$  — фактор вероятности (отклонение в долях  $\sigma_m$ ).

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 - \sigma_2^2}{n}}. \quad (7)$$

Как видно из формул (6) и (7), требуемый минимум прочности зависит главным образом от фактора вероятности. Величина его определяется по технико-экономическим соображениям.

С точки зрения технических требований стандартной величиной прочности можно было бы считать среднее арифметическое, полученное в результате обработки многочисленных данных испытаний образцов продукции и являющееся твердой характеристикой прочности клевого соединения. Но в этом случае при условии нормального распределения отклонений от среднего арифметического будет отбраковываться до 50% всей продукции. Чтобы избежать этого, можно уменьшить стандартный минимум прочности до наиболее низкой, встретившейся в практике, величины. Однако в этом случае будет наблюдаться широкий выход низкосортной продукции, что в целом вызовет еще более непроизводительные расходы вследствие недолговечности клееных изделий (расклеивания и т. п.). Следовательно, необходимо установить такую

стандартную величину прочности, которая удовлетворяла бы и техническим и экономическим требованиям.

С экономической точки зрения необходимо заранее установить объем продукции, в котором допускаются показатели ниже установленных величин. Этот браковочный минимум определяется на основе многочисленных испытаний образцов клееной продукции при широком варьировании технологических параметров (породы древесины, влажности, объемного веса, типа клея, содержания сухого остатка, температуры и продолжительности прессования, давления и др.). В фанерной промышленности, например, допускается 10% изделий с показателями прочности склеивания ниже установленного минимума. Зная браковочный минимум, можно установить стандартные требования следующим образом. По данным многочисленных испытаний строится кривая распределения показателей прочности клеевых соединений (рис. 1).

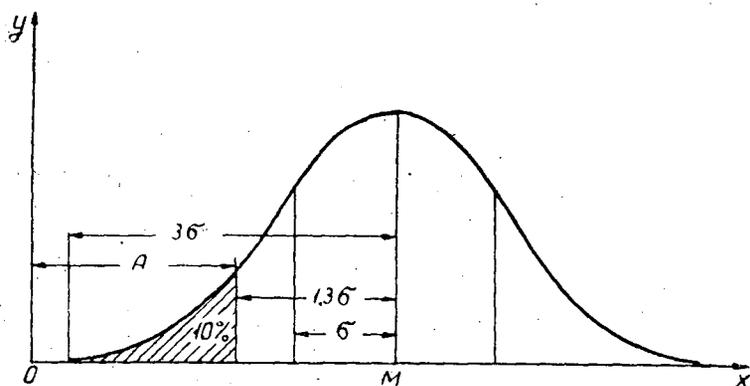


Рис. 1.

Площадь, ограниченная кривой распределения и осью абсцисс, отражает 100% всех наблюдений.

Если браковочный минимум составляет 10%, то от левой половины площади следует отбросить участок, составляющий 10%. (Правая половина не берется во внимание, так как значения прочности выше среднего арифметического не являются предметом контроля качества).

Отрезок абсциссы оставшегося участка левой половины есть не что иное, как  $t\sigma$ . Зная величину площади, ограниченную ординатами отбрасываемого участка, можно найти  $t$  по таблице, приведенной в ГОСТе 4631—49 «Показатели физико-механических свойств древесины». Так, в нашем примере для фанеры  $t = 1,3$ . Если браковочный минимум составляет 1% и от площади, ограниченной кривой нормального распределения, отбрасывается соответствующий участок, то  $t = 2,25$ . Такой фактор вероятности принят при установлении расчетных характеристик строительной древесины. Следует заметить, что такие же высокие требования могут быть оправданы лишь для случаев применения клеевых соединений в узлах несущих конструкций и других ответственных сопряжений.

Для клеевых строительных деталей, фанеры, плит и других мало-напряженных элементов вполне целесообразно ограничиться фактором вероятности 1,3.

Вследствие существенных различий в требованиях, предъявляемых к прочности клеевых соединений, с одной стороны, и к оценке клеящей способности, с другой, возникает необходимость в отдельных нормах

на испытание клеев. Для построения этих норм необходимо вводить высокий фактор вероятности, а также широко использовать методы математической статистики, дающие основные сведения о выборе числа образцов для определения прочности склеивания.

Затраты труда на статистическую обработку результатов измерений хотя и значительны, однако не слишком велики по сравнению с затратами труда на склеивание опытных изделий, изготовление образцов и испытания.

Статистический анализ особенно необходим, когда чувствительность клеев к отклонениям в режиме термовлагообработки очевидна. Она менее заметна в средних значениях и отчетливо проявляется в рассеивании результатов испытаний. Поэтому современное испытание клеевых соединений без статистического анализа является несостоятельным. Применение статистики имеет, кроме того, огромное воспитательное значение для лиц, связанных с испытаниями, поскольку оно побуждает их к строгой критике и анализу результатов работы.

---

Поступила в редакцию  
12 сентября 1962 г.

**НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
КОРЫ ОСНОВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД**

**М. Н. СИМОНОВ**

Аспирант

(ЦНИИМЭ)

Физические и механические свойства коры древесных пород находятся в тесной связи с ее структурой, количеством содержащейся влаги, условиями произрастания деревьев, температурой окружающего воздуха и многими другими факторами. В настоящей работе рассматриваются некоторые свойства коры, имеющие первостепенное значение для конструктивного оформления окоряющих органов режущего типа.

*Толщина коры*

Вершинная часть деревьев и молодые побеги имеют гладкую кору, основную часть которой составляют годовичные слои луба. Кора занимает незначительную часть и у некоторых пород опадает в виде мелких чешуек. С изменением возраста кора утолщается, и снаружи ее появляются глубокие трещины. Толщина коры зависит не только от возраста дерева, имеют значение условия его произрастания, а у некоторых деревьев — также место расположения коры на стволе. Замеры, проведенные нами в лесах Новгородской области и Коми АССР, показывают, что толщина коры березы и осины находится почти в прямой пропорциональной зависимости от диаметра ствола. Эта зависимость одинаково справедлива для коры и у комля, и на середине дерева.

Таблица I

Порода	Место замера	Толщина коры (мм) при диаметре бревна, см												
		8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
Сосна .	К	—	2,0	2,2	2,8	3,2	5,0	6,0	12,0	14,0	16,0	20,0	—	22,0
	В	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4	3,0	3,5	5,0	5,5	6,5	—	—	—
Ель . .	К	—	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	8,0	9,0	10,0	—	12,0
	В	2,3	3,0	3,5	3,8	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	—	—	—
Береза	К	—	4,0	6,0	6,5	7,0	7,5	9,0	11,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
	В	3,5	4,0	5,6	6,0	6,5	7,5	9,0	11,0	12,0	—	—	—	—
Осина .	К	—	—	—	—	8,2	10,0	11,3	12,5	13,0	14,1	15,6	17,0	21,0
	В	3,1	4,2	5,5	7,0	7,5	10,2	11,0	12,4	13,1	13,5	14,0	15,4	—

Кора ели значительно тоньше, чем у других пород: на разных местах по высоте ствола разница в ее толщине не превышает 15%.

Иная картина выявилась при замерах толщины коры сосны: на срединной и вершинной частях ствола толщина коры с увеличением диаметра увеличивается незначительно, в то время как у комля она резко возрастает.

Обработав полученные данные методом математической статистики, мы получили эмпирические уравнения, выражающие зависимость толщины коры от диаметра сечения ствола:

$$\text{Для березы } h_k = 0,005d_0^2 + 0,03 d_0 + 3,2, \text{ мм}$$

$$\text{„ осины } h_k = 0,004d_0^2 + 0,05 d_0 + 3,7 \text{ „}$$

$$\text{„ ели } h_k = 0,002d_0^2 + 0,025 d_0 + 2,7 \text{ „}$$

$$\text{„ сосны(к) } h_k = 0,0105d_0^2 + 0,15 d_0 + 2,0 \text{ „}$$

$$\text{„ сосны(в) } h_k = 0,003d_0^2 + 0,01 d_0 + 1,1 \text{ „}$$

где  $h_k$  — толщина коры, мм;  
 $d_0$  — средний диаметр сечения ствола, см.

Всего было сделано 732 замера.

Измерения проводились преимущественно на раскряжевочных площадках нижних складов леспромхозов. В связи с этим толщина коры сосны и ели оказалась, очевидно, несколько меньше, чем на растущих деревьях, так как частично кора подсыхала, а чешуйки корки облетали при транспортных и перегрузочных операциях.

Установление зависимости толщины коры от диаметра пропускаемых через окорочный станок бревен позволит правильно производить настройку режущих органов.

#### Объемный вес коры

Как правило, срубленное дерево продолжительное время сохраняет в полостях клеток древесины и луба влагу. Особенно плохо поддаются просыханию лиственные породы. Даже в самые теплые летние месяцы пробковая часть этих пород надежно защищает древесину от высыхания. Высокая температура и повышенное содержание влаги приводит к тому, что древесина (особенно березы и осины) легко поддается задыханию и в итоге загнивает.

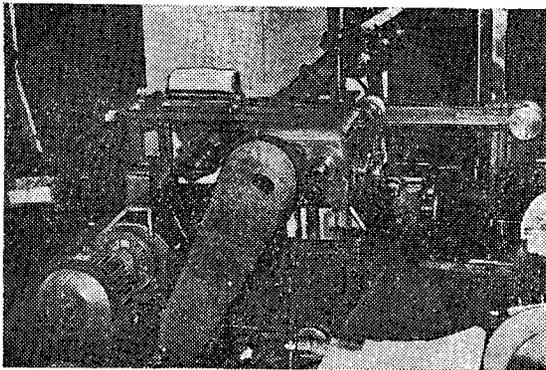


Рис. 1. Экспериментальный стенд для исследования удельного сопротивления резанию коры.

Кора лиственных пород у свежесрубленных деревьев имеет значительный объемный вес. Для его определения нами был изготовлен специальный прибор, позволяющий брать образцы коры равновеликих размеров непосредственно с растущих деревьев. Взятые образцы сразу же взвешивали на технических весах (с точностью 0,01 г) и подвергали контрольным замерам микрометром (с точностью 0,1 мм). Всего было взято 220 образцов. Определение объемного веса 180 шт. производили стандартным способом; 40 контрольных замеров делали с помощью волюмометра. Образцы коры для исследований брали из комля и середины ствола дерева. Полученные данные средних арифметических величин приведены в табл. 2. Коэффициент изменчивости объемного веса коры  $v = \pm 9,0\%$ , влажности коры  $v = \pm 12\%$ . Объемный вес коры определялся без разделения на кору и луб.

У сосны наблюдаются существенные расхождения веса единицы объема коры в зависимости от места ее расположения. Это явление объясняется тем, что в комлевой части дерева основную долю общего объема коры занимает сухая чешуйчатая корка, а в вершинной — ситовидные трубки, заполненные древесными соками. Лубяная часть сравнительно невелика, и для средневозрастных насаждений составляет примерно 0,5—1,5 мм у сосны и 1,0—2,5 мм у ели.

У осины также имеется некоторое отличие объемного веса коры в зависимости от места ее расположения. В комлевой части пробковый слой, который по весу легче луба, довольно толст. У ели и, в особенности, у березы структура коры, независимо от места расположения, остается почти постоянной, и объемный вес ее мало изменяется.

В табл. 2 дается объемный вес древесины разных пород в свежесрубленном состоянии. Место заготовки древесины — Крестецкий леспромхоз Новгородской области. Время заготовки — июль.

Таблица 2

Порода	Комель		Середина хлыста	
	объемный вес, г/см <sup>3</sup>	влажность, % (абс.)	объемный вес, г/см <sup>3</sup>	влажность, % (абс.)
Сосна . . . . .	0,47	42,5	0,86	143,0
Ель . . . . .	0,66	54,5	0,74	80,0
Береза . . . . .	0,83	79,5	0,90	71,4
Осина . . . . .	0,75	106	0,88	95,0

### Механические свойства коры

Механические свойства коры зависят, в основном, от ее структуры. Толстые слои корки сосны и ели состоят из участков перидермы, разделенных рыхлой коровой паренхимой, среди которой встречаются более темные каменистые клетки. При соприкосновении с ороговевшими органами рыхлая коровая паренхима легко разрушается и падает в виде мелкого порошка и чешуек.

Корка лиственных пород осины и березы имеет более прочную корковую часть и значительно утолщенный слой луба. Микроскопический анализ коры осины показал, что верхняя часть ее — корка — состоит из светло-коричневых плотно прилегающих тонких слоев, у которых даже при 120-кратном увеличении не обнаруживаются пустоты. Такая покровная ткань является надежной защитой луба и древесины от внешних раздражителей.

Очень плотную и в то же время эластичную покровную ткань имеет береза. Так называемая береста представляет собой продукт деятельности пробкового камбия; даже невооруженным глазом можно отчетливо видеть чередующиеся годичные слои, которые состоят из плотных рядов клеток, заполненных бетулином. Толщина бересты составляет от 1,5 до 3 мм. Луб березы представляет собой светло-коричневую массу, постепенно темнеющую по направлению к бересте. Клетки луба рыхлые, легко разламываются.

Корка лиственных пород, в особенности береста, является чрезвычайно прочным покровным материалом. В связи с этим окорка лиственных пород на станках фрикционного действия представляет значительные трудности. Коросниматель даже при сравнительно большом удельном давлении не в состоянии продавить пробковую часть коры. Кроме того, у деревьев лиственных пород камбиальный слой, имеющий развитые тонкостенные клетки, интенсивно функционирует в течение весьма короткого периода — мая, июня. Остальное время года клетки древесины почти непосредственно примыкают к клеткам лубяной паренхимы, и их разделение требует при окорке больших усилий.

Наиболее подходящим рабочим органом для окорки лиственных пород является режущий инструмент — фреза. Нами проведено 270 опытов по фрезерованию коры основных древесных пород. Экспериментальная установка представлена на рис. 1. Опыты показали, что удельное сопротивление резанию древесины коры в 3—4 раза ниже соответствующего сопротивления резанию древесины. Абсолютные значения удельных сопротивлений резанию коры в зависимости от глубины фрезерования приведены в табл. 3.

Таблица 3

Обрабатываемый материал	Удельное сопротивление резанию ( $\text{кг/мм}^2$ ) при глубине фрезерования, мм			
	2,5	5,0	7,5	10,0
Кора сосны . . . . .	0,75	0,55	0,45	0,38
" ели . . . . .	0,85	0,64	0,54	0,49
" березы . . . . .	0,80	0,58	0,48	0,46
" осины . . . . .	0,87	0,71	0,58	0,54
Луб осины . . . . .	0,87	0,75	—	—

Примечание. Расположение оси вращения фрезы перпендикулярно к продольному направлению движения бревен. Фрезерование встречное. Диаметр фрезы  $D = 80$  мм, подача на зуб  $C = 1,4$  мм, угол резания  $\beta = 60^\circ$ , ширина фрезерования  $e = 40$  мм.

Как видно из таблицы, наибольшее сопротивление резанию оказывает кора осины, наименьшее — сосны. По своей структуре кора ели и сосны примерно одинакова, однако пробковая часть коры ели содержит значительно больше, чем у сосны, каменных клеток, придающих ей твердость и увеличивающих сопротивление резанию.

Луб березы легко крошится и хорошо поддается фрезерованию. Более высокое сопротивление резанию коры березы в сравнении с хвойными породами объясняется наличием бересты.

У осины кора, в особенности волокна луба, почти не имеют пластических деформаций и способны к упругому восстановлению волокон, отжатых при резании. Упругое восстановление волокон дополнительно увеличивает силы трения на задних и боковых гранях резцов фрезы.

Для получения математической зависимости между удельными сопротивлениями резанию и глубиной фрезерования экспериментальные

данные обрабатывали методом проф. Зворыкина, используя систему логарифмических координат.

Математическая зависимость  $K$  от  $h$  выразится следующими уравнениями показательной функции:

$$\begin{aligned} \text{Для коры сосны, кг/мм}^2 \quad K &= \frac{1,2}{h^{0,48}} \\ \text{„ „ ели, „} \quad K &= \frac{1,3}{h^{0,44}} \\ \text{„ „ березы, „} \quad K &= \frac{1,26}{h^{0,46}} \\ \text{„ „ осины, „} \quad K &= \frac{1,32}{h^{0,41}} \end{aligned}$$

где  $K$  — удельное резание, кг/мм<sup>2</sup>;  
 $h$  — глубина фрезерования, мм.

#### Влияние температуры на механические свойства коры

По данным исследований А. В. Житкова [3] и В. В. Харитонова [6], кора древесных пород при замерзании в значительной степени упрочняется. Силы сцепления коры с древесиной при низких температурах увеличиваются до пределов, граничащих с силами сцепления между волокнами древесины.

Проведенные нами исследования резания коры хвойных и лиственных пород в свежесрубленном состоянии при температуре от  $-8$  до  $-10^\circ$  выявили следующую зависимость (см. табл. 4).

Таблица 4

Обрабатываемый материал	Удельное сопротивление резанию (кг/мм <sup>2</sup> ) при глубине фрезерования, мм			
	2,5	5,0	7,5	10,0
Кора сосны . . . . .	1,20	0,84	0,66	0,58
„ ели . . . . .	1,35	1,03	0,91	0,84
„ березы . . . . .	1,24	0,94	0,75	0,68
„ осины . . . . .	1,27	0,95	0,73	0,71

Как видно из таблицы, удельное сопротивление резанию при замораживании коры до  $t = -8 - 10^\circ \text{C}$  возрастает в 1,5—1,6 раза. Значительное его увеличение наблюдается при небольшой глубине фрезерования.

Это явление объясняется тем, что уменьшение глубины фрезерования влечет за собой уменьшение средней толщины стружки, при этом удельное сопротивление резанию коры в значительной степени увеличивается за счет дополнительного сопротивления резанию кристаллов льда, содержащихся в полостях ситовидных трубок луба и среди клеток коровой паренхимы.

Для установления математической зависимости удельных сопротивлений резанию мерзлой коры от глубины фрезерования используем уравнение показательной функции.

Способом наименьших квадратов найдены следующие корреляционные уравнения

$$\begin{aligned} \text{Для коры сосны, кг/мм}^2 \quad K &= \frac{1,9}{h^{0,48}} \\ \text{„ „ ели, „} \quad K &= \frac{2,1}{h^{0,44}} \\ \text{„ „ березы, „} \quad K &= \frac{1,9}{h^{0,46}} \\ \text{„ „ осины „} \quad K &= \frac{1,85}{h^{0,41}} \end{aligned}$$

Для сопоставления удельных сопротивлений резанию коры и древесины было проведено 120 опытов по фрезерованию древесины четырех основных пород: сосны, ели, березы, осины.

Результаты испытаний при  $h=2,5$  мм,  $D=80$  мм,  $C=1,4$  мм приведены в табл. 5.

Таблица 5

Обрабатываемый материал	$K_c, \text{кг/мм}^2$	$K_m, \text{кг/мм}^2$	$\frac{K_m}{K_c}$	Влажность, % (абс.)
Кора сосны . . . . .	0,75	1,20	1,60	37
„ ели . . . . .	0,83	1,35	1,60	65
„ березы . . . . .	0,86	1,24	1,45	84
„ осины . . . . .	0,87	1,27	1,50	104
Древесина сосны . . . . .	2,35	2,82	1,20	113
„ ели . . . . .	2,27	2,74	1,20	81
„ березы . . . . .	2,45	2,78	1,14	82
„ осины . . . . .	2,10	2,70	1,27	117

Примечание.  $K$  — удельная работа резания мороженой коры (древесины);  $K_c$  — удельная работа резания коры (древесины) в естественном состоянии.

При замораживании древесины удельные сопротивления резанию увеличиваются на 20—30%, в то время как у коры — в полтора и более раза. Удельные сопротивления резанию коры в замороженном состоянии по своей абсолютной величине в два раза меньше, чем древесины в аналогичном состоянии, и незначительно отличаются от сопротивлений резанию свежесрубленной (немерзлой) древесины.

### Выводы

1. Толщина коры на бревнах ели, березы, осины зависит от величины соответствующего диаметра. На толщину коры сосны влияет также и место расположения ее по высоте дерева. Эти зависимости выражаются уравнениями параболы второго порядка:

$$h_k = ad_1^2 + bd_6 + c.$$

2. Численные значения объемного веса коры свежесрубленной древесины находятся в пределах от 0,47 до 0,90 г/см<sup>3</sup>.

Объемный вес коры зависит от породы древесины и места нахождения ее на стволе дерева.

3. Зависимость удельных сопротивлений резанию коры от глубины фрезерования  $h$  выражается уравнением показательной функции

$$K = \frac{K_{h=1}}{h^m},$$

где  $K_{h=1}$  — коэффициент резания коры соответствующей породы при глубине фрезерования  $h = 1$  мм.

4. Удельное сопротивление резанию коры при замораживании древесины до  $t = -8 - 10^\circ\text{C}$  увеличивается в 1,5—1,6 раза, древесины — в 1,14—1,27 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Л. Бершадский. Резание древесины, Гослесбумиздат, 1958. [2]. Г. А. Вильке. Конструирование и расчеты окорочных станков. Гослестехиздат, 1938. [3]. А. В. Житков. Подготовка древесины к окорке тупыми инструментами замочкой в воде. НТО ЦНИИлесосплава, 1958. [4]. Л. М. Перельгин. Строение древесины. Изд. АН СССР, 1954. [5]. Л. М. Перельгин и А. Х. Певцов. Механические свойства и испытания древесины. Гослестехиздат, 1934. [6]. В. В. Харитонов. Эффективность оборудования для механизации окорки древесины. Журн. «Механизация и автоматизация производства» № 10, 1959.

Поступила в редакцию  
28 сентября 1961 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

К ВОПРОСУ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

А. К. СЛАВЯНСКИЙ

Профессор

(Ленинградская лесотехническая академия)

При получении картона и древесно-волокнистых плит из древесины лиственных пород с использованием целлюлозы и лигнина в настоящее время возникает вопрос рационального использования также и гемицеллюлозной части. Обычно она идет на производство дрожжей.

Выполненные ранее в ЛТА [1] работы показывают новые возможности использования гемицеллюлоз путем применения метода предварительного пиролиза. В этом случае древесина подвергается варке в среде высококипящего керосина или дизельного топлива до температуры 275° С. В процессе нагрева до 220° С отгоняется влага и далее — крепкая жижка [2], которая может быть переработана так же, как на заводах сухой перегонки древесины с получением товарной уксусной кислоты, растворителей и новой пленкообразующей смолы.

Находящаяся в остатке бурая древесина представляет собой целлолигнин и, по-видимому, может быть использована для выработки плит, картона и целлюлозы щелочной варкой. Подтверждением могут служить следующие опыты. Еловая щепа была подвергнута варке в среде керосина с нагревом до 280° С. После отгонки впитавшихся остатков керосина с водяным паром щепа подвергалась натронной варке в растворе NaOH концентрацией 6% при 175° в течение двух часов. Из полученной целлюлозы на бюхнеровской воронке отливали пористые плиты, которые сушили при 150° С и давлении 4 кг/см<sup>2</sup>.

Характеристика плит приведена в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Пористые плиты из	
	исходной еловой щепы	бурой еловой щепы
Градус помолы по ШР . . . . .	8	10
Удельный вес, г/см <sup>3</sup> . . . . .	0,27	0,32
Сопротивление разрыву, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	7,0	6,5
Сопротивление статическому изгибу, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	13	12
Водопоглощение за 3 часа, % . . . . .	89,4	40,5
Водопоглощение за 24 часа, % (плиты без проклейки) . . . . .	108	57,8

Аналогичное сравнение было сделано при отливке твердых плит, которые сушили также при  $150^{\circ}$ , но с давлением  $40 \text{ кг/см}^2$ . Размол в этом случае был доведен до  $40^{\circ}$  ШР. Из исходной еловой щепы был получен образец с удельным весом 0,87, сопротивлением разрыву  $475 \text{ кг/см}^2$ , с водопоглощением за три часа 80% и за 24 (без проклейки) — 81,7%. Образец из бурой еловой щепы имел удельный вес 0,935, сопротивление разрыву  $483 \text{ кг/см}^2$ , водопоглощение за три часа 42% и за 24 (без проклейки) — 43,9%.

Сравнительная прочность целлюлозы характеризовалась разрывной длиной, результаты определения которой приведены в табл. 2.

Таблица 2

Целлюлоза	Градус помола, °ШР	Разрывная длина, м
Из исходной еловой щепы . . . . .	8	1973,7
	40	4933,8
Из бурой еловой щепы . . . . .	10	1722,4
	40	3493,6

Как видно из таблиц, прочность плит из бурой и исходной свежей древесины примерно одинакова, но водопоглощение у первых примерно в два раза ниже.

В процессе предпиролиза из хвойной щепы получается дистиллат (жижка) с выходом  $12 \div 18\%$  от абс. сухой древесины. В жижке содержится до 15% органических кислот (главным образом уксусной), около 10% легкокипящих продуктов, выделяемых в виде древесно-спиртовых растворителей, и  $\sim 10\%$  пленкообразующей смолы. Жижка по составу близка к получаемой на заводах сухой перегонки древесины, перерабатывающих лиственные породы.

Более высокий выход ценных лесохимикатов получается от предпиролиза древесины лиственных пород. Жижка (которой получается до 20% от а. с. д.) содержит 20—25% кислот; 15—20% древесно-спиртовых растворителей (кетоны, метанол, эфиры) и 10% пленкообразующей смолы. Количество последней может быть значительно увеличено за счет экстракционной смолы, которую можно извлечь из бурой древесины.

Из березовой бурой древесины нами получена целлюлоза — 41% от а. с. д.

Варка производилась в автоклаве в течение трех часов; раствор, содержащий 17% активной щелочи (по ТАРПИ), нагревали до  $170^{\circ}$ , давление не поднималось выше 9 атм. В сырой целлюлозе было 6,8% непрочного, легко расщепляющегося на волокна. Целлюлоза отбеливается до нормального цвета. Определение медного числа колебалось в пределах 1,39—1,48 (в среднем 1,44). Это показывает, что содержание продуктов гидролизного распада не превышало минимального содержания их в сульфатной целлюлозе.

Изоляционные плиты также отливали на сетке из смесей размолотой бурой древесины с примесью от 25 до 50% еловой коры, разбавленных водой до 3—4%-ной концентрации волокна. После сушки плит в прессе при температуре  $150^{\circ}$  и давлении  $2 \text{ кг/см}^2$  удельный вес их был равен  $0,2 \div 0,3 \text{ г/см}^3$ , механическая прочность — достаточная для использования в строительном деле. При погружении в воду на 2 часа такая плита поглотила воды только 30% от своего веса, в то время как контрольная, изготовленная из обычной щепы, в пять раз больше.

Аналогичные результаты получались при смесях бурой древесины с рафинерной массой.

Следует отметить легкую размалываемость бурой древесины. Проведенные опыты указывают на целесообразность более детального изучения сочетания предварительного пиролиза лиственных пород с производством картона и древесно-волоконистых плит, после чего можно сделать технико-экономическую оценку такого комбинирования. Предварительно можно отметить, что использование крепкой жижки из лиственных пород резко сократит расходы на пар, оборудование, здания и рабочую силу при выработке уксусной кислоты по сравнению с заводами сухой перегонки древесины, так как для получения одинакового количества ее потребуется перерабатывать в 2—3 раза меньшие объемы жижки. Осуществление предпиролиза возможно в непрерывных шнековых аппаратах, работающих без давления и по схеме, аналогичной аппаратам Пандиа.

Сочетание предпиролиза гемицеллюлоз с выпуском товарной продукции из целлюлозы и лигнина позволит, вероятно, снизить не только себестоимость лесохимикатов, но и удешевить картон и плиты.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. К. Славянский. Диссертация. ЛТА, 1947. [2]. Труды ЛТА № 72, 1955.

Поступила в редакцию  
2 июля 1962 г.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДУБИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Сообщение 2 \*

**Н. Я. СОЛЕЧНИК**

Профессор, доктор технических наук

**А. И. НОВОСЕЛЬСКАЯ**

Ассистент

(Ленинградская лесотехническая академия)

### *Введение*

Для производства древесно-волоконистых плит одубина является низкокачественным сырьем: в лабораторных и производственных условиях из нее получены плиты, по прочности на статический изгиб не отвечающие требованиям ГОСТа 4598—60.

Для улучшения качества плит необходимо проведение обработки одубины перед размолом с целью повышения пластичности ее волокон.

Если волокна упруги, то размол приобретает характер хрупкого разрыва, и волокна претерпевают значительную беспорядочную фрагментацию. В этом случае даже при высоком градусе размола получают плиты низкого качества. При более пластичных волокнах в процессе размола уменьшается поперечная рубка их, что способствует повышению прочности плит на изгиб.

Из проверенных нами простых и дешевых способов обработки одубины (водная варка, пропарка и варка с известковым молоком), оптимальным оказалась варка с известковым молоком.

Известковое молоко применялось для регулирования активной кислотности среды и уменьшения разрушающего действия отщепляемых кислот на древесину.

В проведенной нами в 1961 г. работе «Теоретические основы подготовки щепы к размолу» установлено, что при варке березовой древесины с известковым молоком увеличивается ее выход, но задерживается повышение пластичности.

Изменение пластичности древесины березы в результате пропитки водой, варки с различным количеством извести характеризуется временем релаксации после чисто упругой деформации при динамическом изгибе (см. табл. 1).

\* Сообщение 1. См. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1960 и «Библиотека румыно-советских записок», серия агробиологическая № 1, 1962.

Таблица 1

Продолжительность релаксации древесины, сек			
исходной, $w = 6 - 8\%$	после пропитки в воде $w = 55 - 60\%$	после варки с известковым молоком	
		конечное $pH = 12,2$ $w = 55 - 60\%$	конечное, $pH = 6,85$ $w = 55 - 60\%$
$0,59 \cdot 10^{-4}$	$2,88 \cdot 10^{-4}$	$3,87 \cdot 10^{-4}$	$5,78 \cdot 10^{-4}$

Из данных, приведенных в табл. 1, следует, что время релаксации после пропитки в воде увеличилось в 4,1 раза, а после варки с известковым молоком, соответственно, в 6,7 и 9,8 раза по сравнению с исходной древесиной.

Таким образом, при варке в условиях избытка извести пластичность древесины повышается незначительно. Поэтому для получения массы с более пластичными волокнами, при применении извести варка должна быть закончена в среде, близкой к нейтральной.

В настоящей статье изложены результаты продолжения работы по использованию одубины, а также результаты проверки выводов, полученных нами в теоретической части исследований.

### Экспериментальная часть

Для выяснения влияния количества окиси кальция при варке одубины на выход по щепе и по волокну, на сопротивление статическому изгибу древесно-волоконистых плит были проведены варки с различным количеством извести: с 4%, с 6, 8 и 10 от веса абс. сухой щепы\*.

Условия варки: время 1 час 30 мин, температура  $165^{\circ}C$ , жидкостной модуль 1 : 5; использовался стационарный автоклав емкостью 17 л с электрообогревом. Щепа после варки размалывалась на однодисковом лабораторном рафинере при температуре  $10-11^{\circ}C$ .

Режим прессования и сушки древесно-волоконистых плит был следующим: удельное давление  $10 \text{ кг/см}^2$ , температура  $180^{\circ}C$ , время — 8 мин. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ варки	Количество СаО, в % от веса абс. сух. одубины	рН		Выход в % к весу исходной абс. сух. одубины		Размол массы, оШР	Толщина плит, мм	Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>	Сопротивление статическому изгибу, кг/см <sup>2</sup>
		до варки	после варки	по щепе					
				по щепе	по волокну				
1,2	4	12,2	6,2	82,0	73,0	11	3,1	976	373
3,4	6	12,0	7,0	89,5	86,5	11	3,4	1096	505
8,6	8	12,3	8,3	88,0	83,5	10	3,6	948	374
7,9	10	12,2	11,3	84,0	81,0	11	3,4	947	339

Из табл. 2 следует, что максимальная прочность плит на статический изгиб —  $505 \text{ кг/см}^2$  при объемном весе  $1096 \text{ кг/м}^3$  — была получена при расходе окиси кальция 6% от веса абс. сухой одубины. Это можно объяснить тем, что по окончании варки в кислой среде проис-

\* Этот раздел работы выполнялся при участии студентки-дипломантки А. Г. Жученко.

ходит более глубокий гидролиз (выход по волокну снижается до 73%) в результате действия выделяющихся уксусной и муравьиной кислот, оказывающих отрицательное влияние на прочность волокон.

При окончании варки в щелочной среде пластичность волокон снижается (по сравнению с нейтральной средой), что ухудшает качество размола (повышает количество рубленых волокон) и уменьшает прочность плит на изгиб.

Таким образом, рекомендованное нами ранее количество извести (6%) для варки одубины, а также сделанные нами выводы в теоретической части работы, нашли свое подтверждение.

Следует отметить, что полученные в данной работе показатели прочности плит на изгиб в абсолютном выражении значительно выше опубликованных в 1960 г. Это объясняется тем, что при проведении первых опытов размол одубины после варки производился на гидро-разбивателе, а в настоящей статье приведены данные, полученные при размол одубины на более совершенной установке — рафинере.

В табл. 3 и на рис. 1 приведены данные о влиянии количества окиси кальция на скорость размола волокнистой массы на II ступени в мельнице Иокро.

Таблица 3

Количество СаО, в % от веса абс. сух. одубины	pH в конце варки	Размол, °ШР	Условия размола
4	6,2	66,0	Время размола—30 мин. Число оборотов—125 об/мин Градус размола массы после рафинера 11° ШР
6	7,0	60,5	
8	8,3	55,5	
10	11,3	52,0	
Исходная одубина	—	31,0	

Из таблицы следует, что с увеличением количества извести при варке скорость размола волокнистой массы уменьшается: после 30-минутного размола в мельнице Иокро волокнистая масса, полученная при pH в конце варки 6,2, имела степень помола 66° ШР, а полученная при pH в конце варки 11,3 только 52° ШР.

Различное поведение волокнистой массы при размол можно объяснить следующим образом. Процесс мокрого размола волокон имеет релаксационный характер, то есть протекает во времени. Поэтому на скорость размола решающее влияние оказывает соотношение упругих, высокоэластических и пластических свойств волокон.

Для повышения способности древесных волокон к размолу необходимо понизить первое свойство и повысить второе и третье.

Если волокна упруги, то их релаксация настолько кратковременна, что деформация волокон при быстро чередующейся динамической нагрузке размалывающей гарнитуры успевает восстанавливаться после каждого отдельного воздействия, и время размола увеличивается. Если же волокна пластичны, то после деформации они будут восстанавливаться значительно медленнее, и волокнистая масса будет размалываться быстрее.

Упруго-пластические свойства волокон связаны с содержанием в них низкомолекулярных фракций клетчатки и гемицеллюлоз.

Низкомолекулярные фракции, накапливающиеся в древесине в процессе ее тепловой или химической обработки, обладают повышенной гидрофильностью (меньший процент гидроксидов блокирован водородной и химической связью). В процессе размола они быстрее и полнее,

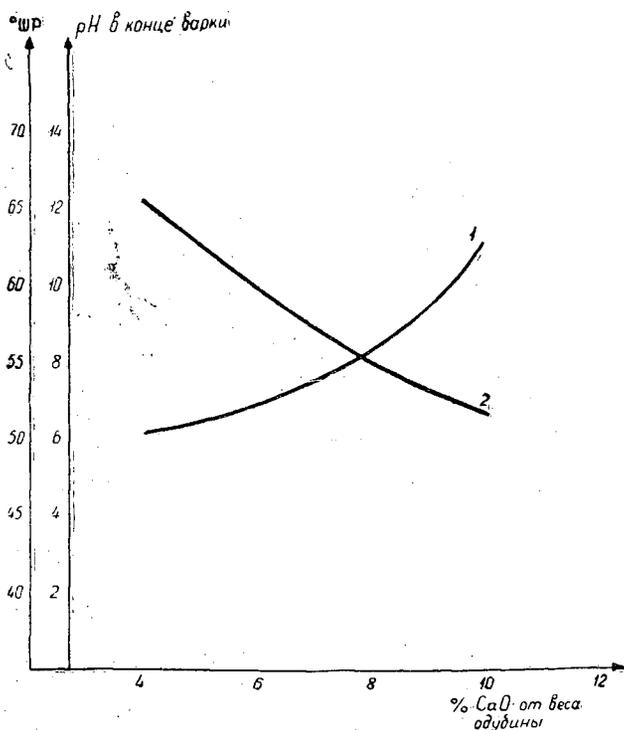


Рис. 1. Влияние количества извести при варке одубины на скорость размола II степени в мельнице Иокро и на изменение величины рН в конце варки.

1 — градус размола; 2 — рН отработанного щелока.

чем длинные и жесткие молекулы целлюлозы, адсорбируют воду и выступают в качестве пластификаторов жестких цепей. Чем ниже рН в конце варки, тем в большей степени протекают гидролитические процессы, приводящие к снижению степени полимеризации целлюлозы и гемицеллюлоз и накоплению низкомолекулярных фракций, увеличивающих пластичность волокон и ускоряющих разمول. Однако глубоко протекающий гидролиз ослабляет прочность волокон и получаемых из них плит.

Было проведено определение химического состава одубины до и после варки по оптимальному режиму. Результаты показаны в табл. 4.

Таблица 4

№ п/п.	Исследуемая волокнистая масса	Содержание компонентов древесины в % к навеске абс. сухой обессмоленной волокнистой массы					всего
		целлюлозы	лигнина	пентозанов	веществ, экстрагируемых спиртощелочной смесью	зольность	
1	Необработанная одубина . . . . .	44,9	27,6	23,1	1,8	1,0	98,4
2	Одубина, обработанная по оптимальному режиму (6% CaO, время варки 1 час 30 мин., температура 165°C) . . . . .	50,4	28,1	13,8	5,7	1,7	99,6

Из таблицы видно, что трудно гидролизуемые углеводы (целлюлоза) при известково-молочной варке не разрушаются, о чем свидетельствует относительное увеличение содержания клетчатки в одубине после варки. Легкогидролизуемая часть углеводов (пентозаны) разрушается в значительной степени. Относительное содержание лигнина практически не изменяется. Продукты превращения гемицеллюлоз, образующихся при варке, частично переходят в растворимую в спиртобензоле фракцию.

Указанные химические превращения приводят к частичному растворению срединной пластинки клеток, снижению степени полимеризации оставшейся нерастворимой части, что по совокупности повышает пластичность древесины и качество получаемой древесной массы и плит.

### Выводы

Оптимальным режимом обработки одубины является варка с известковым молоком (расход окиси кальция 6% от веса абс. сухой щепы) при температуре 165° С и времени варки 1 час 30 мин. При этом режиме получены древесно-волокнистые плиты с прочностью на изгиб 505 кг/см<sup>2</sup> при объемном весе 1096 кг/м<sup>3</sup>, градус размола массы 11° ШР.

Ранее проведенными работами кафедры установлено, что с повышением температуры варки на 10° время варки можно уменьшить в два раза. Поэтому при применении более высоких температур и использовании аппаратов непрерывного действия могут быть рекомендованы следующие режимы:

- а) температура 175°, время 45 мин;
- б)       »       185°,       »   22   »

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Н. Я. Солечник Производство древесно-волокнистых плит. Гослесбуиздат, М.-Л., 1959. [2]. Н. Я. Солечник, П. П. Аликин. Научные труды, ЛТА, вып. 91, Л., 1960. [3]. Н. Я. Солечник, Л. Н. Антонович. Техническая информация ЛТА № 39/40, Л., 1956. [4]. Н. Я. Солечник, П. Х. Ласкеев, А. И. Новосельская, З. В. Може. Разработка теории и технологии процесса полусухого формования древесно-волокнистых плит. Сообщение 3. Теоретические основы процессов подготовки щепы к размолу. Научные труды ЛТА № 98, Л., 1962. [5]. Н. Я. Солечник, А. И. Новосельская, А. П. Иванова. «Техническая информация» НИСа ЛТА № 39/40, изд. ЛТА, Л., 1956. [6]. Н. Я. Солечник, А. И. Новосельская. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1960, Архангельск.

Поступила в редакцию  
21 мая 1962 г.

## НЕПРЕРЫВНЫЙ СПОСОБ ОМЫЛЕНИЯ ИЗОБОРНИЛ-ФОРМИАТА

**В. А. ВЫРОДОВ**

Кандидат технических наук

**С. Я. КОРОТОВ**

Профессор, доктор технических наук

(Всесоюзный заочный лесотехнический институт)

Ранее [3] нами сообщалось, что если проводить омыление изоборнил-формиата в жидкой фазе при температуре выше температуры кристаллизации изоборнеола, то есть при отсутствии твердой фазы, то процесс будет протекать вполне успешно, и непрерывность его будет легко осуществить.

Было отмечено также [1], что если, например, омылять технический эфир 95%-ной концентрации на 99,5% при температуре 200° С в прямом турбулентном потоке, гидродинамически подобном работе мешалки при  $n, d^* = 2$ , то в одном литре объема аппарата за час можно омылить 9 кг эфира.

Трудность заключалась в изыскании такой конструкции аппарата, которая бы позволяла осуществить процесс при невысокой тоннажности производства в прямом потоке с достаточно высокой степенью турбулентности последнего. Так, например, если бы на производстве вместо 10—15 т перерабатывалось 70—80 т рабочей смеси за сутки, то аппарат в этом случае мог бы быть представлен обычной трубчаткой. Для существующей же производительности заводов, чтобы обеспечить необходимую турбулентность смеси, нужно было бы взять трубу диаметром ~2—3 мм; сопротивление этого аппарата составило бы 500 000 ата; поэтому такая конструкция неприемлема.

Для проведения процесса в прямом турбулентном потоке нами был предложен аппарат диафрагменного типа. На основе этого реактора была смонтирована камеральная установка по омылению изоборнил-формиата в стационарных условиях (см. рис. 1). Основными рабочими частями реактора диафрагменного типа являются полки — диафрагмы, снабженные переточными отверстиями (рис. 2). Между каждой парой диафрагм имеется емкость, в которой за счет потери скорости потока происходит частичное разрушение эмульсии. При прохождении рабочей смеси через вторую диафрагму эмульгирование возобновляется. Такое чередование состояния системы «отстаивание и эмульгирование» позволяло вести реакцию в «подвижной эмульсии». Со-

\*  $n$  — число оборотов мешалки в мин;  $d$  — диаметр мешалки пропеллерного типа, м.

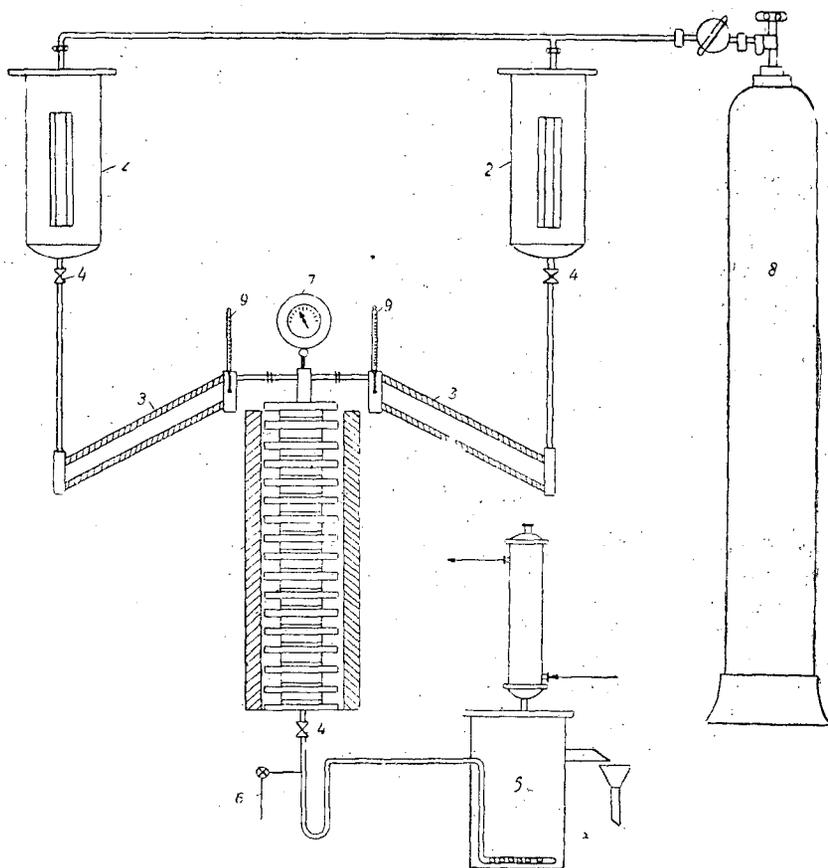


Рис. 1.

1— диафрагменный реактор; 2— напорные бачки для эфира и щелочи; 3— подогреватели эфира и щелочи; 4— иглочатые вентили; 5— приемник продуктов омыления; 6— штуцер для отбора проб; 7— манометр; 8— баллон сжатого азота; 9— термометры.

гласно же современным воззрениям [5] лишь сильно подвижные пены (с малым «возрастом» межфазной поверхности) являются средством сильной интенсификации диффузионных процессов. Кроме того, такая конструкция аппарата наиболее соответствует тоннажности производства.

Изготовленный и смонтированный на камеральной установке (рис. 1) диафрагменный реактор мог обеспечивать производительность по изоборнил-формиату до 40 кг/час. Диаметр переточного отверстия в диафрагме составлял 2 мм. В нашем образце реактора имелось 16 диафрагм, изготовленных из обычной стали. В каждую четвертую был вмонтирован карман для термометра. Емкость, образуемая каждой парой диафрагм, составляла 130 см<sup>3</sup>.

Суммарный объем аппарата был 1,9 л. Обогревался реактор с помощью электропечи, которая состояла из двух секций общей мощностью 8 квт.

Подача эфира и щелочи производилась из мерных бачков 2 прямокомом через общий штуцер в верхней крышке реактора. Предварительно эфир и щелочь нагревали до 200° С с помощью электроподогревателя 3. Отвод продуктов омыления осуществлялся снизу через

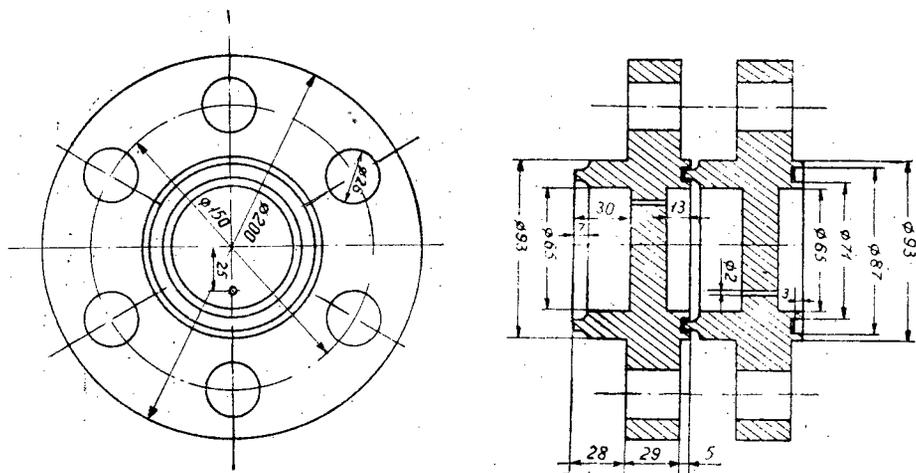


Рис. 2. Диафрагма.

игольчатый вентиль 4 и барботажную трубу в приемник 5. Для охлаждения продуктов омыления использовалась холодная вода, определенное количество которой помещалось в приемник.

Сборка всех диафрагм производилась с помощью шести дюймовых болтов; каждая последующая диафрагма крепилась самостоятельно гайками, в результате чего легко можно было уменьшать или увеличивать число диафрагм. Полная взаимозаменяемость их при простоте конструкции и изготовления давала возможность создавать оптимальный объем аппарата.

Скорость подачи эфира и щелочи в реактор регулировалась игольчатыми вентилями, установленными после каждого напорного бачка. Давление паров воды над 20%-ным раствором щелочи и сопротивление реактора преодолевалось с помощью сжатого азота.

Сырьем в наших опытах служил технический изоборнил-формиат Нейво-Рудянского лесохимического завода следующего состава: изоборнил-формиата — 84,3%; изоборнеола — 15,7%.

Методика проведения опытов заключалась в следующем. В напорные бачки отдельно помещались определенные количества эфира и щелочи, подача которых в реактор начиналась после того, как в последнем температура достигала 200° С. Как только процесс устанавливался, начинался отбор проб.

В задачу опытов по омылению изоборнил-формиата в диафрагменном реакторе входило выявление закономерностей массообмена при жидкофазном омылении его в прямом турбулентном потоке, подтверждение в камеральных условиях целесообразности аппаратного оформления схемы, основным аппаратом в которой был бы диафрагменный реактор.

Характеристика работы диафрагменного реактора составлялась по количеству омылившегося изоборнил-формиата в определенный промежуток времени.

Обработка опытных данных производилась по уравнению

$$(KF)_д = \frac{\Delta G}{c_{ср} n}, \quad (1)$$

где  $(KF)_д$  — комплекс, характеризующий процесс массообмена на одной диафрагме,  $\frac{\text{кг-моль}}{\text{м}^2 \text{ час единица разности концентраций}}$ ;

$c_{cp}$  — среднелогарифмическое значение концентрации изоборнил-формиата в техническом эфире,

$$\frac{\text{кг-моль}}{\text{кг-моль органической фазы}};$$

$\Delta G$  — количество омылившегося эфира,  $\frac{\text{кг-моль}}{\text{час}}$ ;

$n$  — число диафрагм.

Суммарный комплекс  $KF$  определялся из уравнения

$$KF = \frac{(KF_a) \cdot n}{V_a}, \quad (2)$$

здесь  $V_a$  — рабочий объем аппарата,  $\text{м}^3$ .

Кроме того,  $KF$  можно было определить из основного уравнения массопередачи, представленного в виде

$$G = KF c_{cp} V_a. \quad (3)$$

Время пребывания жидкости в аппарате  $\tau'$  определяли из уравнения

$$\tau' = \frac{\tau V_a}{V_{p.c}}, \quad (4)$$

где  $\tau$  — продолжительность опыта,  $\text{мин}$ ;

$V_a$  — прежнее значение;

$V_{p.c}$  — объем рабочей смеси, прошедшей через аппарат при температуре реакции в течение опыта,  $\text{м}^3$ .

Объем рабочей смеси находили по уравнению

$$V_{p.c} = V_{эф} (1 + \beta_1 t) + V_{щ} (1 + \beta_2 t), \quad (5)$$

где  $V_{эф}$  — объем эфира при температуре  $20^\circ \text{C}$ ,  $\text{м}^3$ ;

$V_{щ}$  — объем щелочи при  $20^\circ \text{C}$ ,  $\text{м}^3$ ;

$\beta_1 = 0,00115$  — объемный коэффициент расширения изоборнил-формиата;

$\beta_2 = 0,00100$  — объемный коэффициент расширения щелочи;

$t$  — температура реакционного объема.

Результаты опытов представлены на рис. 3, где показана зависимость величины комплекса  $KF$  от скорости рабочей смеси в переточном отверстии.

Этими опытами еще раз была подтверждена справедливость наших положений [3] о том, что при температурах, выше температуры кристаллизации изоборнеола, процесс омыления изоборнил-формиата определялся, в основном, гидродинамическими условиями его.

Графоаналитическая обработка опытных данных показала, что величина комплекса  $KF$  в этом случае, в зависимости от скорости потока рабочей смеси в переточном отверстии диафрагмы, выражается следующим уравнением:

$$KF = A w^n. \quad (6)$$

В нашем случае  $A = 0,11$ ,  $n = 3,8$ . В то же время  $KF$  для одной диафрагмы выразится уравнением

$$KF = 0,00015 w^{3,8} \quad (7)$$

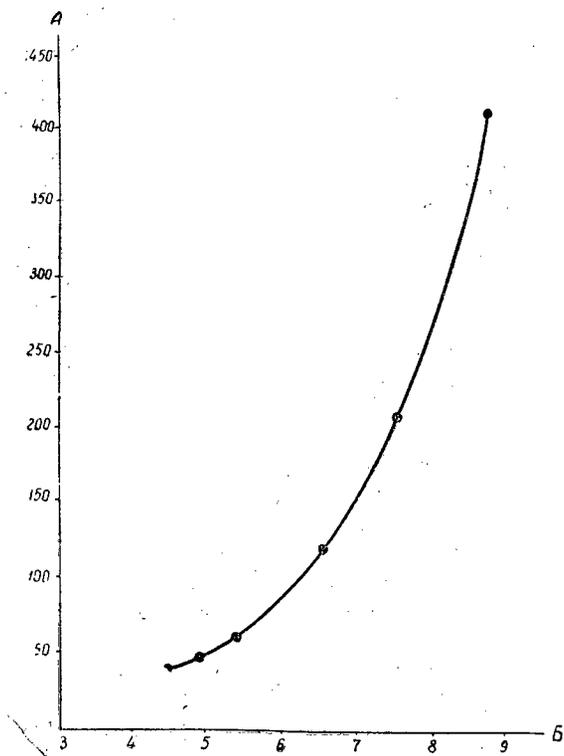


Рис. 3. Зависимость величины комплекса  $KF$  от скорости рабочей смеси в переточном отверстии.

$$A - KF \frac{\text{кг-моль}}{\text{м}^2 \text{ час единица разности концентраций}};$$

$$B - w, \text{ м/сек.}$$

### Примерный расчет диафрагменного реактора

Расчет диафрагменного реактора сводится к определению необходимого объема, числа диафрагм в нем и диаметра переточного отверстия в диафрагме. Объем реактора можно легко определить из основного уравнения массопередачи (3)

$$G = KF c_{\text{cp}} V_a,$$

откуда

$$V_a = \frac{G}{KF c_{\text{cp}}}.$$

Для конкретного решения вопроса необходимо задаться часовой производительностью аппарата  $G_{\text{час}}$ , начальной  $c_n$  и конечной  $c_k$  концентрацией эфира. Величина комплекса  $KF$  может быть вычислена по уравнению (6).

Пусть производительность аппарата по изоборнил-формиату  $G = 400 \text{ кг/час}$ ; начальная концентрация технического эфира по изоборнил-формиату — 95%, конечная — 0,1%; температура проведения процесса — 200° С; скорость рабочей смеси в переточном отверстии диафрагмы  $w = 10 \text{ м/сек}$ ; концентрация щелочи 20%, при избытке не выше 5%.

Величина среднелогарифмического значения концентрации  $c_{\text{ср}}$  находится из уравнения

$$c_{\text{ср}} = \frac{c_{\text{н}} - c_{\text{к}}}{2,31g \frac{c_{\text{н}}}{c_{\text{к}}}} \quad (8)$$

$c_{\text{н}}$  и  $c_{\text{к}}$  в  $\frac{\text{кг-моль изоборнил-формиата}}{\text{кг-моль технического эфира}}$  определяется на основании общепринятых методов [2], [4].

В результате обседа оказалось, что

$$c_{\text{ср}} = 0,135 \frac{\text{кг-моль изоборнил-формиата}}{\text{кг-моль технического эфира}}$$

Величина комплекса  $KF$  при скорости в переточном отверстии  $\omega = 10$  м/сек, вычисленная по уравнению (6), составит

$$KF = 0,11 \omega^{3,8} = 0,11 \cdot 10^{3,8} = 695 \frac{\text{кг-моль изоборнил-формиата}}{\text{м}^3 \text{ час единица разности концентраций}}$$

Количество омылившегося изоборнил-формиата, выраженное в  $\frac{\text{кг-молях}}{\text{час}}$  для заданных условий, будет

$$G_{\text{час}} = \frac{400 \cdot (0,95 - 0,95 \cdot 0,85 \cdot 0,001)}{182} = 2,08 \frac{\text{кг-моль}}{\text{час}}$$

здесь величина 0,85 учитывает переход изоборнил-формиата в изоборнеол.

Подставляя найденные значения  $G$ ,  $c_{\text{ср}}$ ,  $KF$  в уравнение (3а), находим объем аппарата:

$$V_a = \frac{2,08}{695 \cdot 0,135} = 0,021 \text{ м}^3 \text{ или } 21 \text{ л.}$$

Число диафрагм  $n$  может быть легко определено в результате решения уравнений (2) и (7):

$$n = \frac{KF \cdot V_a}{KF_d}$$

$$(KF_d) = 0,00015 \cdot 10^{3,8} = 0,96 \frac{\text{кг-моль изоборнил-формиата}}{\text{м}^3 \text{ час единица разности концентраций}}$$

$KF$  и  $V_a$  уже известны, тогда

$$n = \frac{695 \cdot 0,021}{0,96} = 15 \text{ шт.}$$

Если принять внутренний диаметр реактора 200 мм, то высота его внутренней части составит

$$H_{a \text{ вн}} = \frac{V_a}{f} = \frac{0,021}{0,785 \cdot 0,2^2} = 0,67 \text{ м или } 670 \text{ мм.}$$

Общая высота аппарата с учетом толщины диафрагм  $h$ , которую целесообразно брать  $h = 10$  мм, будет равна

$$H_{a \text{ об}} = 15 \cdot 0,01 + 0,67 = 820 \text{ мм.}$$

Диаметр переточного отверстия  $d_{\text{п.о}}$  в диафрагме определится из уравнения расхода (4, 5)

$$d_{\text{п.о}} = \sqrt{\frac{4V_{\text{р.с}}}{3,14 \cdot 3600\omega}}$$

где  $V_{\text{р.с}}$  — находится по уравнению (5) и равно  $0,912 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ ;

$\omega$  — принята 10 м/сек, следовательно,

$$d_{п.о} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,912}{3,14 \cdot 3600 \cdot 10}} = 5,7 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр переточного отверстия  $d_{п.о} = 6 \text{ мм}$ , тогда действительная скорость, в нем будет порядка  $9 \text{ м/сек}$ .

Сопротивление реактора, определенное по общепринятым методам [2], [4] с учетом теплового давления, составит  $25 \text{ кг/см}^2$ .

Для нормальной работы аппарата насосы перед реактором должны развивать давление около  $30 \text{ кг/см}^2$ .

#### Выводы

1. На камеральной установке в стационарных условиях показано, что процесс омыления изоборнил-формиата можно проводить успешно непрерывным способом в жидкой фазе, если температура реакции будет не ниже  $200^\circ \text{C}$ .

2. Стадию омыления изоборнил-формиата целесообразно вести непрерывным способом. При существующей производительности заводов синтетической камфоры наиболее приемлемым для омыления нужно считать диафрагменный реактор.

3. Величина комплекса  $KF$ , характеризующего массообмен процесса при омылении изоборнил-формиата в диафрагменном реакторе, выражается уравнением

$$KF = 0,11w^{3,8}.$$

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В. А. Выродов, С. Я. Коротов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 3, 1959.  
 [2]. А. Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. Госхимиздат, 1960. [3]. С. Я. Коротов, В. А. Выродов. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 2, 1959. [4]. К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Госхимиздат, 1961. [5]. М. Е. Позин, И. П. Мухленов, Е. С. Тумаркина, Э. Я. Тарат. Пенный способ обработки газов и жидкостей. Госхимиздат, 1955.

Поступила в редакцию  
16 апреля 1962 г.

## ДЕЛИГНИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДОМ

## Сообщение 1

**Б. Д. БОГОМОЛОВ**

Доцент, кандидат технических наук

**О. П. АЛЕКСЕЕВА**

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

В настоящем сообщении излагаются опыты по делигнификации древесины ели диметилсульфоксидом (ДМСО) с получением образцов диметилсульфоксидного лигнина и результаты исследования этого лигнина.

Диметилсульфоксид  $[(\text{CH}_3)_2\text{SO}]$  — органический растворитель, получаемый из отходов сульфатно-целлюлозного производства [1]. Промышленное получение диметилсульфоксида за границей организовано недавно, но объем его производства и сфера применения непрерывно расширяются.

ДМСО представляет собой бесцветную маслянистую жидкость с удельным весом 1,1, температурой плавления  $18,45^\circ\text{C}$ . Температура кипения безводного ДМСО —  $189^\circ$ . Он очень гигроскопичен. При  $20^\circ$  равновесная влажность его составляет 10%. С водой ДМСО смешивается в любых соотношениях. По мере добавления воды температура кипения и температура плавления смеси ДМСО — вода понижаются\*.

В диметилсульфоксиде растворяются многие газообразные, жидкие и твердые вещества как органические, так и неорганические. Эфиры целлюлозы — метилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза и т. п. также растворяются в нем [7].

Для ряда синтетических полимеров ДМСО является хорошим, а иногда и единственным растворителем [2]. Диметилсульфоксид полностью растворяет щелочной сульфатный лигнин, лигнин от натронной варки древесины и многие другие препараты его. Он также хорошо растворяет лигнин и гемицеллюлозы древесины и является поэтому активным делигнифицирующим реагентом.

Хассен [5] изучал действие диметилсульфоксида на сульфитную целлюлозу высокого выхода и на древесину черной ели. В качестве катализатора применялась минеральная кислота (серная или соляная) — 0,2%. По его данным оптимальные условия получения целлюлозы воз-

\* Более подробные сведения о свойствах ДМСО приведены в «Лесном журнале» № 1, 1962.

действием диметилсульфоксида следующие: температура 160—170° С, время — 3 часа, концентрация диметилсульфоксида — 95%.

Целлюлоза, выделенная при оптимальных условиях, имела следующие показатели: перманганатное число (по методу TAPPI 223—48) — 4,1—5,7, содержание  $\alpha$ -целлюлозы — 91—94,6%, содержание лигнина Класона — 1,2—3,1%, содержание пентозанов — 0,3—0,6%. В зависимости от продолжительности и температуры варки выход целлюлозы составлял 40—49%.

Для выделения лигнина из отработанного щелока последний разбавляли четырехкратным количеством воды, и выпавший лигнин отфильтровывали. После очистки от углеводов он содержал 12,2% метоксильных групп.

Клермонт и Бендер [4] действовали на опилки черной ели и осины растворами двуокиси серы, двуокиси азота и хлора в диметилсульфоксиде. По их сообщению растворы, содержащие 5% двуокиси серы, 2% двуокиси азота или 5% хлора в 95%-ном водном диметилсульфоксиде, вызывают интенсивную делигнификацию древесины. В результате варок в течение 1—3 час при температуре 125—140° были получены целлюлозы, содержащие 83—94%  $\alpha$ -целлюлозы, имеющие вязкость в куприэтилендиамине 18,5—26 *свз* и медные числа 0,4—0,6.

Хегглунд, Линдберг и Макферсон [6] изучали действие диметилсульфоксида на гемицеллюлозы, содержащиеся в еловой и березовой холоцеллюлозе. На основании исследований авторы пришли к выводу, что диметилсульфоксид хорошо растворяет гемицеллюлозы, причем пентозаны он растворяет более интенсивно, чем гексозаны.

Анализ литературных данных и результаты наших исследований дают основание полагать, что метод делигнификации древесины диметилсульфоксидом является весьма перспективным и может приобрести большое народнохозяйственное значение. Преимуществами этого метода перед другими, известными в настоящее время и используемыми в промышленности, являются следующие:

а) индифферентность диметилсульфоксида по отношению к целлюлозе и хорошая растворяющая способность его по отношению к лигнину и гемицеллюлозам дают возможность получать целлюлозу с высоким содержанием  $\alpha$ -целлюлозы и с незначительным содержанием нецеллюлозных примесей;

б) способность диметилсульфоксида растворять пентозаны может оказаться особенно ценной при использовании лиственной древесины в качестве сырья для получения целлюлозы;

в) высокая температура кипения диметилсульфоксида позволяет проводить варку без повышенного давления, что упрощает аппаратурное оформление процесса;

г) малая продолжительность варки окажет положительное влияние на качество целлюлозы и на рентабельность предприятия;

д) процесс регенерации растворителя несложен. Он заключается в разгонке смеси ДМСО — вода под вакуумом;

е) растворившийся во время варки лигнин легко регенерировать из отработанного щелока разбавлением последнего водой.

Вследствие мягких условий варки лигнин не претерпевает значительных изменений и может быть использован в качестве химического сырья. Его изучение интересно также в теоретическом отношении.

## Экспериментальная часть \*

## Изучение свойств лигнина, выделенного с помощью диметилсульфоксида

Для делигнификации использовалась древесина ели в возрасте 75—80 лет. Древесина измельчалась в опилки, и отбиралась фракция размером 1—2 мм. Химический состав древесины приведен в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п.	Показатели	Содержание, %			Методика определения
		параллельные анализы		среднее	
1	Целлюлоза . . . . .	49,75	50,27	50	По Кюршнеру По Кенигу в модификации Комарова
2	Лигнин . . . . .	29,72	29,84	29,78	
3	Пентозаны . . . . .	9,47	9,21	9,34	Бромид-броматным методом По Шоргеру
4	Галактан . . . . .	1,04	1,24	1,14	
5	Маннан . . . . .	0,678	0,876	0,777	Гидролиз с 5% HCl
6	Смолы и жиры . . . . .	1,61	1,60	1,60	Экстракция серным эфиром в аппарате Сокслета
7	Вещества, экстрагируемые горячей водой . . . . .	2,24	2,34	2,29	
8	Зола . . . . .	0,30	0,32	0,31	По убыли в весе Весовым методом

Варки проводились в качающемся автоклаве с водяной рубашкой и электрообогревом (рис. 1) и в стеклянной колбе с обратным холодильником на масляной бане. С целью выделения лигнина, более близкого по составу к природному, подбирались мягкие условия варки. В табл. 2 показана зависимость количества растворившегося лигнина от условий варки.

Таблица 2

№ варки	Вид катализатора	Концентрация катализатора в варочном растворе, %	pH варочного раствора	Температура варки, °C	Продолжительность варки, час	Модуль	Выход массы от исходной а. с. д., %	Содержание лигнина в массе		Растворилось лигнина	
								% от веса абс. сухой массы	% от исходного содержания лигнина в древесине	% от исходного содержания лигнина в древесине	% от веса а. с. д.
1	Без катализатора	—	8,8	140	3	10	90,0	29,18	89	11	3,5
2	Серная кислота	0,1	2,8	140	3	10	74,4	28,94	73	27	8,2
3	"	0,2	2,6	140	3	10	60,0	23,4	47	53	16
4	Соляная кислота	0,25	2,7	140	3	10	59,2	23	46	54	16,2
5	Серная кислота	0,2	2,6	158	1	10	50,0	22,1	37	63	19
6	"	0,2	2,6	158	2	10	48,0	14	23	77	23
7	"	0,35	2,3	158	3	10	40,0	0,54	0,72	99,28	29,5

Опыты 1, 2, 3, проводились с целью выяснения оптимального количества катализатора в варочном растворе. Как следует из таблицы, растворение лигнина в диметилсульфоксиде при 140°С происходит и без катализатора, но в незначительном количестве. В последующих

\* В экспериментальной работе принимали участие мл. научные сотрудники Проблемной лаборатории Н. И. Вакорина и В. С. Буцаленко.

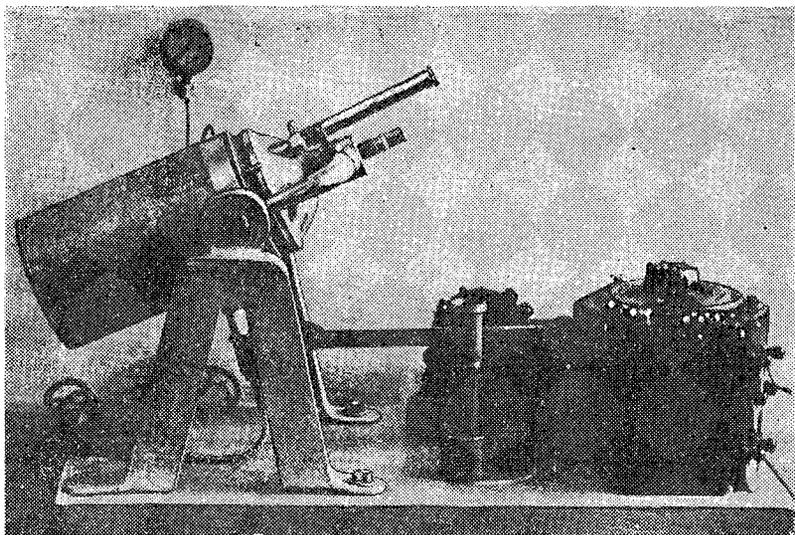


Рис. 1.

опытах, проводимых с целью выделения и исследования лигнина, концентрация катализатора — серной кислоты — в варочном растворе была принята 0,2%.

В опыте 4 в качестве катализатора использовалась соляная кислота. Выход массы и содержание в ней лигнина показывают, что каталитическое действие соляной кислоты при растворении лигнина еловой древесины примерно такое же, как и серной кислоты. Варки 5 и 6 были проведены при более высокой температуре —  $158^{\circ}$  (температура кипения варочного раствора) в колбе с обратным холодильником. Время варки составляло соответственно 1 и 2 часа. Из таблицы следует, что при  $158^{\circ}$  в течение одного часа растворяется более трети исходного количества лигнина в древесине, а за 2 часа — примерно три четверти всего лигнина.

Варка 7 была проведена ориентировочно с целью выяснения возможности получения целлюлозы посредством делигнификации древесины диметилсульфоксидом. Анализ массы показал содержание в ней  $\alpha$ -целлюлозы — 90%, смол и жиров 0,45%, лигнина 0,54%, медное число 0,59. Более подробные и систематические опыты получения целлюлозы делигнификацией диметилсульфоксидом будут проведены в дальнейшем.

После окончания варки колба с варочным раствором охлаждалась проточной водой. Массу отфильтровывали на фарфоровой воронке, промывали диметилсульфоксидом (во избежание осаждения лигнина на волокнах) и затем водой. Интересно отметить, что при применении диметилсульфоксида кислотность отработанного варочного раствора не только не повышается по сравнению с исходным раствором, а наоборот, понижается. Так, pH варочного раствора в процессе варки изменяется с 2,6 в начале до 3,3 к концу варки. Возможно, это объясняется способностью ДМСО образовывать с кислотами солеобразные соединения и тем самым связывать часть свободных кислот.

Для подтверждения этого предположения были поставлены специальные опыты, при которых готовились растворы серной кислоты равной концентрации в воде и в диметилсульфоксиде, и потенциометром ЛП-5 измерялась величина pH полученных растворов. Результаты опытов сведены в табл. 3.

Таблица 3

№ п/п.	Концентрация серной кис- лоты, %	рН растворов	
		в воде	в ДМСО
1	0,1	1,9	2,9
2	0,2	1,7	2,7
3	0,3	1,5	2,5
4	0,4	1,3	2,5
5	0,5	1,1	2,5
6*	0,6	0,9	2,3

\* К 50 см<sup>3</sup> ДМСО добавлен 1 см<sup>3</sup> воды.

Как следует из таблицы, при одной и той же концентрации серной кислоты рН растворов ДМСО выше, чем воды. Кроме того, были приготовлены однопроцентные растворы органических кислот — уксусной и муравьиной — в воде и диметилсульфоксиде. Однопроцентный раствор муравьиной кислоты в воде имел рН, равный 2,25, а в диметилсульфоксиде — 5,8. Величины рН растворов уксусной кислоты той же концентрации в воде и в диметилсульфоксиде равнялись соответственно 2,7 и 7,8. Следовательно, органические кислоты, которые обычно образуются из древесины при варке целлюлозы, также связываются диметилсульфоксидом и не вызывают повышения кислотности раствора. Это свойство диметилсульфоксида является положительным при использовании его в качестве делигнифицирующего реагента, так как уменьшается возможность деструкции целлюлозы в конце варки в результате гидролиза.

Из отработанного раствора, после отделения массы, лигнин осаждался четырехкратным количеством воды.

Лигнин от варок без катализатора и с концентрацией катализатора (кислоты) в варочном растворе 0,1% был очень мелкодисперсным, и его можно было осадить только с помощью центрифугирования. Лигнин от варок с концентрацией кислоты в растворе 0,2% осаждался крупными хлопьями и легко фильтровался через бумажный фильтр на фарфоровой воронке. Промытый до нейтральной реакции, лигнин высушивали в вакуум-сушильном шкафу при 40° С.

Содержание лигнина Класона в сыром лигнине составляло 90,5%. Для очистки от примесей его переосаждали из диоксана в эфир. Содержание лигнина Класона в переосажденном лигнине было 95,3%. ДМСО — лигнин, очищенный от углеводов и высушенный под вакуумом, был подвергнут анализу.

В табл. 4 показано содержание функциональных групп в исследуемом лигнине.

Таблица 4

№ варки	Метоксильные группы		Гидроксильные группы		Карбоксильные группы фенольные и енольные гидроксилы		Карбоксильные группы		Фенольные и енольные гидроксилы		Цвет
	%	Мг- экв/г	%	Мг- экв/г	%	Мг- экв/г	%	Мг- экв/г	%	Мг- экв/г	
4	14,39	4,64	9,66	5,68	5,85	2,95	1,35	0,3	4,5	2,65	Светло-коричневый
5	15,66	5,05	10,55	6,2	6,13	3,07	1,48	0,33	4,65	2,74	Серый
6	14,2	4,58	10,32	6,07	6,29	3,23	1,3	0,29	4,99	2,94	Светло-коричневый

Метоксильные группы определяли объемно-аналитическим методом, гидроксильные — по Верлею — Бельзину, карбоксильные группы, фенольные и енольные гидроксилы — хемосорбционным методом.

Высокое содержание метоксильных групп в лигнине говорит о том, что при действии диметилсульфоксида природный лигнин не претерпевает больших изменений. Наиболее благоприятными в этом отношении являются условия варки 5, когда время делигнификации составляло 1 час и температура 140° С. Содержание метоксильных групп в лигнине этой варки 15,66. Лигнин Бьеркмана, считающийся в настоящее время наиболее близким по составу к природному, содержит 15,75% —  $\text{OCH}_3$  [3]. Содержание кислых групп (карбоксильных групп, фенольных и енольных гидроксильных) в ДМСО-лигнине довольно низкое. Лигнины от варок 4 и 6 (табл. 2) исследовали на элементарный состав. Содержание углерода и водорода определяли на микроэлементарной установке, количество серы — сжиганием в калориметрической бомбе. Анализ показал, что лигнин 6 имеет в своем составе 60,76% углерода, 6,22% водорода и 1,5% серы. В этой варке в качестве катализатора применяли серную кислоту, которая могла повлиять на результат анализа. Чтобы исключить влияние посторонних факторов, варка 4 производилась с соляной кислотой. В лигнине этой варки сера не обнаружена, что свидетельствует об отсутствии соединения лигнина с диметилсульфоксидом. Лигнин 4 содержит 63,16% углерода и 6,07% водорода.

На основании сравнительно низкого содержания углерода в ДМСО — лигнине можно предположить, что конденсации лигнина во время делигнификации не происходит.

ДМСО — лигнин способен растворяться во многих растворителях: в диоксане, пиридине, 80%-ной уксусной кислоте, в 0,1 NaOH. В этиловом спирте растворяется частично. В бензоле, толуоле и четыреххлористом углероде не растворяется; не реагирует с сернистой кислотой и бисульфитом кальция в условиях сульфитной варки.

Более детальное изучение ДМСО — лигнина, а также условий делигнификации древесины диметилсульфоксидом и свойств полученной целлюлозы явится предметом дальнейших исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Д. Богомолов, О. Ф. Горбунова, И. В. Хазова, Г. Ф. Прокшин. Получение и исследование диметилсульфида и диметилсульфоксида. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 1, 1962. [2]. Б. Д. Богомолов, И. С. Дорохина, В. С. Клименков. Исследование возможности применения производных диметилсульфида при получении волокон на основе акрилонитрила и его сополимеров. Журн. «Химические волокна» № 2, 1962. [3]. М. И. Чудяков. Лигнин «Успехи химии», т. XXX, вып. 2, 1961. [4]. L. P. Clermont, F. Bender. «Pulp and Paper Magazine of Canada» No 1, 1961. [5]. S. Harsain. «Pulp and Paper Magazine of Canada» No 8, 1958. [6]. E. Hägglund. «Acta Chemica Scandinavica» No 7, 1956 [7]. Manley. «Svensk Papperstidning» No 4, 1958.

Поступила в редакцию  
8 июня 1962 г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СУЛЬФАТНОМ СКИПИДАРЕ\*

Г. Ф. ПРОКШИН

Аспирант

(Проблемная лаборатория Архангельского лесотехнического института)

Скипидар, выделяемый из парогазов сдувок сульфатной варки целлюлозы, загрязнен метилмеркаптаном (М), диметилсульфидом (ДМС) и диметилдисульфидом (ДДС), которые образуются в процессе варки в результате отщепления метоксидов лигнина. Брун и др. [8] обнаружили в сульфатном скипидаре присутствие также этан — 1,2-бис-метилсульфида, но в незначительных количествах.

В данной статье предлагается методика систематического определения метилмеркаптана, диметилсульфида и диметилдисульфида в очищенном сульфатном скипидаре, но она может быть применена также для контроля производств сульфана\*\*. Если об анализе сернистых соединений в сдувочных газах был опубликован ряд работ [7], [2], [5], то по определению их в сульфатном скипидаре нам известна только одна — Т. Смедслунда [11]. В ней сообщается об определении метилмеркаптана титрованием навески скипидара в этаноле 0,1н раствором йода, а ДМС титрованием азотнокислым серебром йодистого триметилсульфония, образующегося при взаимодействии ДМС и йодистого метила. Недостатком этого метода является длительность определения ДМС, так как реакция между ним и добавляемым к скипидару йодистым метилом количественно проходит только в течение суток.

Вследствие того, что методика анализа сернистых соединений в сульфатном скипидаре, по существу, не разработана, было решено обратиться к методам анализа сернистых соединений в продуктах переработки серосодержащих нефтей, в составе которых имеются меркаптаны, сульфиды, дисульфиды, сероводород, элементарная сера и тиофен. Для их определения предложено много способов систематического группового анализа, основанных на применении групповых реагентов и определении общей серы каким-либо образом. Однако все эти реагенты не строго специфичны, поэтому в настоящее время предложены схемы систематического анализа, в которых стараются избежать их применения, а использовать электрохимические и спектроскопические методы определения сернистых соединений в отдельной навеске [4].

В предлагаемой методике анализа сернистых соединений в сульфатном скипидаре используется потенциометрическое титрование

\* Работа выполнена под руководством доц. Б. Д. Богомолова.

\*\* Установки для получения сульфана уже спроектированы на ряде предприятий [1].

метилмеркаптана и сероводорода, разработанное И. А. Рубинштейном и В. А. Клейменовой для дизельных топлив [6]. ДДС определялся потенциометрически после восстановления его до метилмеркаптана порошкообразным цинком в ледяной уксусной кислоте, диметилсульфидная сера — по разности между общей и суммой сероводородной, меркаптанной и дисульфидной серы.

Потенциометрическое титрование сероводорода и метилмеркаптана в скипидаре проводилось 0,01н водным раствором аммиаката азотнокислого серебра, который, как было показано И. А. Рубинштейном и В. А. Клейменовой, не хуже раствора аммиаката азотнокислого серебра в изоамиловом спирте [6].

В качестве растворителя для титрования скипидара применялась спиртобензольная смесь (3:1), а при определении ДДС — также 20%-ный раствор едкого калия, продутый аргоном для удаления кислорода [10].

### Экспериментальная часть

Ячейка для титрования изображена на рис. 1. В качестве индикаторного употреблялся сульфидсеребряный электрод, в качестве электрода сравнения — стандартный насыщенный каломельный электрод. Для измерений потенциала во время титрования использовался венгерский автотитрометр «Юпитер».

Сульфидсеребряный электрод готовили следующим образом [11]. Серебряную пластинку длиной 30 мм и шириной 3—4 мм полировали до блеска пастой ГОИ, помещали в раствор, содержащий 10 мл 1%-ного  $\text{Na}_2\text{S}$  в 90 мл этилового спирта, насыщенного уксуснокислым натрием. При перемешивании туда по каплям добавляли 10 мл 0,1н раствора азотнокислого серебра. Затем электрод вымачивали в течение 5 мин в 0,01н растворе его для удаления избытка сульфида, промывали водой и слегка шлифовали пастой ГОИ. Электрод должен иметь достаточную поверхность, так как от величины ее зависит устойчивость показаний и продолжительность надежной работы.

Для приготовления стандартного титрованного раствора отвешивали в бюксе 0,85 г азотнокислого серебра и осторожно смывали дистиллированной водой в поллитровую мерную колбу, добавляли 13 мл 25%-ного раствора аммиака и доводили до метки дистиллированной водой. Раствор хранили в склянке из темного стекла. Титр его устанавливали потенциометрическим титрованием навески йодистого калия в электродной ячейке, состоящей из той же пары электродов.

Для проведения титрования собирали электродную ячейку, и электроды соединяли с потенциометром. Стаканчик для титрования закрывали резиновой пробкой с четырьмя отверстиями: два для пары электродов, одно для микробюретки и одно для ввода аргона или азота, защищающих титруемый раствор от воздействия кислорода воздуха. В стаканчик брали 1—2 г скипидара, добавляли 25 мл спиртобензольного растворителя, включали магнитную мешалку, концы электродов погружали в раствор на 5 мм. Записывали исходный потенциал,

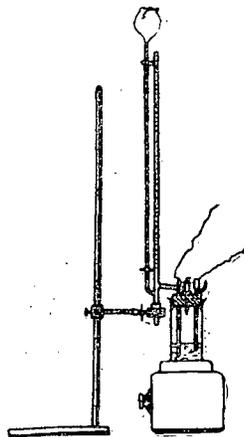


Рис. 1. Установка для потенциометрического титрования.

устанавливающийся через 2—3 мин, затем производили запись титрования, приливая титрованный раствор по 0,02—0,05 мл и выжидая каждый раз, пока потенциал установится.

По величине исходного потенциала можно сделать качественную оценку: если он находится в пределах 600—700 мв, то в титруемой смеси наряду с метилмеркаптаном может быть сероводород. Если исходный потенциал выше — 500 мв, то имеется только метилмеркаптан. О присутствии сероводорода можно судить также по черному осадку сульфида серебра, образующегося при титровании. Меркаптид серебра имеет вид желто-зеленых хлопьев.

Эквивалентная точка определяется по записи или по кривой потенциометрического титрования, которая показана на рис. 2.

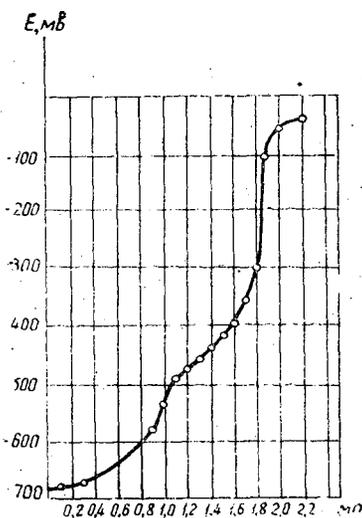


Рис. 2. Кривая титрования сероводорода и метилмеркаптана в сульфатном скипидаре (растворитель — спирто-бензольная смесь 3 : 1).

Расчет количества сероводорода и меркаптана ведется по следующим формулам:

$$\text{CH}_3\text{SH} = \frac{0,048 \cdot K (V_2 - V_1)}{q}, \quad \%$$

$$\text{H}_2\text{S} = \frac{0,017KV_1}{q}, \quad \%$$

или в пересчете на серу

$$\text{SCH}_3\text{SH} = \frac{0,032 \cdot K (V_2 - V_1)}{q}, \quad \%$$

$$\text{SH}_2\text{S} = \frac{0,016 \cdot KV_1}{q}, \quad \%$$

где  $K$  — поправка к нормальности титрованного раствора;  
 $V_2$  и  $V_1$  — расход титрованного раствора, мл;  
 $q$  — навеска скипидара, г.

При совместном присутствии в скипидаре сероводорода и меркаптана эквивалентная точка для сероводорода рассчитывается по первому,

а для метилмеркаптана — по второму скачку, которые составляют 150—200 мв от прибавления 0,02—0,05 мл титранта. Кривые титрования хорошо воспроизводятся.

### Определение диметилдисульфида

Для определения диметилдисульфида был выбран широко применяемый метод восстановления дисульфидов цинком в ледяной уксусной кислоте при нагревании с обратным холодильником с перемешиванием и без перемешивания реакционной смеси [9].

Стандартные (эталонные) растворы ДДС приготавливались в сульфатном скипидаре, освобожденном от серы и перекисей.

Диметилдисульфид для этой цели был синтезирован окислением метилмеркаптана, растворенного в 20%-ом растворе едкого калия, 3%-ной перекисью водорода. Очищенный и высушенный диметилдисульфид имел температуру кипения  $109^{\circ}\text{C}$ , удельный вес  $d_4^{20} = 1,0839$ ,  $n_D^{20} = 1,5223$ . Содержание серы, определенное методом гидрирования, составило 65,86%. (Вычислено 68,10%). Был снят спектр комбинационного рассеяния света, подтвердивший чистоту диметилдисульфида.

Сульфатный скипидар для приготовления эталонов очищали от серы и перекисей перегонкой с паром, обработкой щелочью, водным раствором сулемы, порошком азотнокислой ртути, металлической ртутью, сернокислым железом, повторной перегонкой с паром, а затем сушили хлористым натрием.

Определение диметилдисульфида проводилось в аппарате, изображенном на рис. 3.

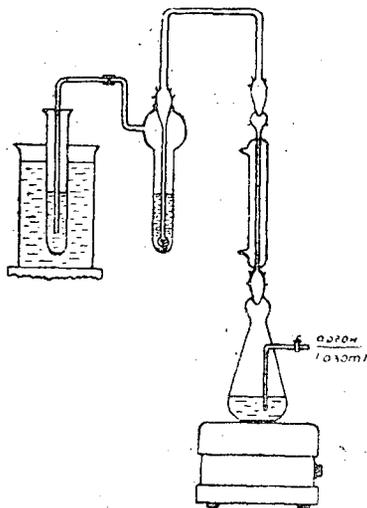


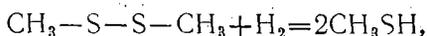
Рис. 3. Прибор для определения диметилдисульфида.

Навеску приготовленного эталонного раствора ДДС в скипидаре (1—3 г), содержащую около 5 мг ДДС, помещали в реакционную колбочку емкостью 100 мл, добавляли туда 10—25 мл ледяной уксусной кислоты и 3—5 г цинковой пыли. Колбочку быстро присоединяли к обратному холодильнику (который уже был закрыт ловушкой-поглотителем с 20%-ым едким калием), и ставили на водяную баню (а в случае с перемешиванием — на магнитную мешалку), температура которой ука-

Таблица 1

№ п/п.	Температура восстановления, °С	Время реакции (до охлаждения), час., мин.	Продувка аргоном объем, л время, мин	Взято ДДС, мг	Найдено ДДС, мг	Относительная ошибка, %	Примечание
1	60	14 <sup>5</sup>	$\frac{3}{15}$	6,14	1,32	-78,5	Без перемешивания
2	60—80	2 <sup>00</sup>	$\frac{3}{15}$	5,29	4,97	-6,05	"
3	90	3 <sup>00</sup>	$\frac{3}{30}$	5,54	1,75	-68,42	"
4	20	2 <sup>00</sup>	$\frac{5}{60}$	5,24	3,94	-24,9	С перемешиванием
5	20—50	21 <sup>5</sup>	$\frac{5}{30}$	5,23	5,21	- 0,33	"
6	40—50	12 <sup>0</sup>	$\frac{5}{90}$	5,25	5,03	-4,25	"
7	40—50	2 <sup>00</sup>	$\frac{4}{60}$	4,31	4,40	+2,0	"

зана в табл. 1. Диметилдисульфид восстанавливался до метилмеркаптана (температура кипения его +5,96° С).



который улавливался в ловушке-поглотителе, присоединенной к обратному холодильнику, тридцатью-сорока миллиметрами 20%-ного едкого калия. Продувку через прибор 2—4 л аргона проводили в течение последних 20—60 мин подогрева и 10—15 мин следующего за подогревом охлаждения реакционной смеси. После окончания ее ловушку-поглотитель отсоединяли, и холодильник споласкивали охлажденным спиртобензольным растворителем. Затем содержимое реакционной колбочки быстро фильтровали через складчатый фильтр в мерную колбу на 100 мл, дважды споласкивая фильтр и колбочку спиртобензольным растворителем.

Основное, а иногда и все количество метилмеркаптана, образовавшегося в результате восстановления, улавливали в поглотителях 20%-ным раствором едкого калия, который количественно переносили в мерную колбу на 100 мл. Ополаскивание поглотителей и доведение до метки производили тем же раствором. Для двух-трех титрований берется по 25 мм раствора. Кривые титрования даны на рис. 4 и 5.

Скачки потенциала в эквивалентной точке, определяемые по записи или по кривой потенциометрического титрования, в обоих растворителях составляют 150—300 мв от прибавления 0,02—0,05 мл титрованного раствора, но в щелочи они значительно резче. Расхождения для двух титрований не превышали 0,05 мл.

Количество диметилдисульфидной серы рассчитывали по следующей формуле:

$$S_{\text{ддс}} = \left( \frac{0,032 \cdot 4 \cdot KV}{q} - S_M \right) 0,979\%,$$

где V — общее количество 0,01н аммиака азотнокислого серебра, пошедшее на титрование 25 мл фильтрата и 25 мл щелочного раствора из поглотителя, мл;

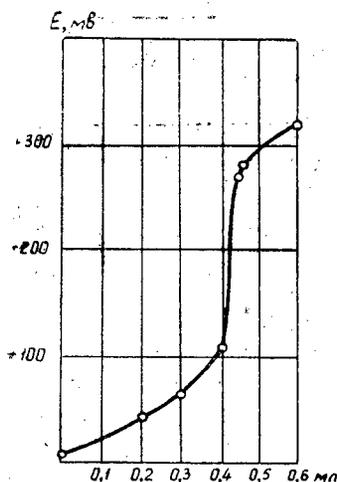


Рис. 4. Кривая титрования метилмеркаптана в уксусно-спиртобензольном растворе из реакционной колбы.

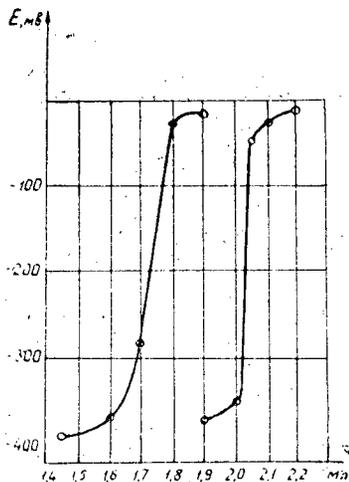


Рис. 5. Кривая титрования метилмеркаптана в 20%-ном водном растворе едкого калия.

$q$  — навеска, г;

$K$  — фактор нормальности;

$S_M$  — содержание меркаптанной серы в сульфатном скипидаре, %;

0,979 — коэффициент пересчета на дисульфид, согласно уравнению реакции.

Для расчета количества диметилдисульфида применяли формулу

$$\text{ддс} = \left( \frac{0,048 \cdot 4 \cdot KV}{q} - M \right) 0,979\%,$$

где  $M$  — содержание метилмеркаптана в скипидаре, %.

В табл. 1 представлены результаты определений, которые показывают, что восстановление диметилдисульфида без перемешивания не проходит до конца.

После определения диметилдисульфида, содержание диметилсульфида в скипидаре вычисляется по разнице между общей серой, определяемой каким-либо способом, и сероводородной, меркаптанной и дисульфидной серой:

$$S_{\text{дмс}} = S_{\text{общ}} - S_M - S_{\text{ддс}}, \%$$

$$\text{дмс} = S_{\text{дмс}} 1,937, \%$$

#### Обсуждение результатов

Приготовление стандартного раствора легкокипящего и нестабильного метилмеркаптана является довольно трудной задачей, и потому отработка модификации определения ДДС позволила одновременно с этим выяснить пригодность потенциометрического титрования метилмеркаптана 0,01н  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2 \text{NO}_3$ . Полученные результаты показывают достаточно высокую чувствительность:  $\sim 0,05$  мг.

Результаты определения диметилдисульфида показали, что восстановление его должно проводиться при температуре 40—50° С не менее двух часов при перемешивании реакционной смеси с помощью магнит-

ной мешалки. Для удаления метилмеркаптана из пространства над реакционной смесью, через прибор в течение последнего часа необходимо продувать 5 л аргона. После окончания подогрева и перемешивания реакционная колбочка должна охлаждаться 15 мин в воде со льдом при продолжающейся продувке аргоном. Водный 20%-ный раствор едкого калия, употребляемый для улавливания метилмеркаптана и в качестве растворителя, необходимо продувать аргоном для удаления кислорода, который в щелочной среде легко окисляет метилмеркаптан до диметилдисульфида. Обнаруженное затруднение восстановления диметилдисульфида (большая продолжительность, подогрев, перемешивание) было несколько неожиданным, но его легко объяснить, если учесть, что потенциал полувольты, находимый при полярографическом восстановлении, составляет — 1,5 в [9], и что самые трудновосстанавливаемые третичные дисульфиды имеют потенциал — 2,0 в. (Легко восстанавливаются ароматические дисульфиды, у которых потенциал полувольты равен — 0,5—0,7 в) [4]. Это заставляет осторожно относиться к методике раздельного определения сернистых соединений (методика НИИОГАЗ), примененной В. Ф. Максимовым [5] для анализа сдувочных газов.

Методика анализа сернистых соединений в сульфатном скипидаре, изложенная выше, пригодна для анализа сульфана и товарного диметилсульфида. В этом случае вместо спиртобензольного растворителя при определении метилмеркаптана следует применять 10%-ный раствор КОН в этиловом спирте. Ход систематического определения компонентов сульфана при этом не отличается от определения их в сульфатном скипидаре.

### Выводы

1. Предложена методика определения сернистых соединений в сульфатном скипидаре с применением потенциометрического титрования, которая может быть применена также к анализу сульфана и товарного диметилсульфида.
2. Показана достаточная точность и воспроизводимость потенциометрического титрования метилмеркаптана как в 20%-ном растворе КОН, так и в спиртобензольном растворителе.
3. Для определения диметилдисульфида в сульфатном скипидаре предложена модификация известного метода определения дисульфидов восстановлением их цинком в ледяной уксусной кислоте.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Б. Д. Богомолов, Г. Ф. Прокшин. ИВУЗ, «Лесной журнал» № 5, 1961.
- [2] Б. Д. Богомолов, Л. А. Гусакова, Н. В. Елизаровский. Труды АЛТИ, т. XV, Архангельск, 1955, стр. 161. [3] М. И. Гербер, А. Д. Шушарина. «Журнал аналитической химии» № 5, 1950, стр. 262. [4] В. Г. Лукьяница. Сборник «Итоги науки». Химические науки, вып. 2. Изд-во АН СССР, М., 1958, стр. 13—112.
- [5] В. Ф. Максимов. Труды ЛТИ ЦБП, вып. V, Гослесбумиздат, 1958, стр. 15—21.
- [6] И. А. Рубинштейн, В. А. Клейменова. «Химия и технология топлив и масел», 4, № 10, 1961, стр. 61. [7] H. Bergstrom, K. G. Trobeck. Svensk Papperstidning № 3, 1945. [8] T. Bruun, E. Hanfer, N. Sörens. Svensk Papperstidning, 53, № 15, 1950. [9] R. Hubbard, W. Haines, J. Ball. Anal. Chem., 30, 1, 1958, 91. [10] J. Karchmer, T. Walker. Anal. Chem., 30, 1, 1958. [11] T. Smedslund. Papperi ja Puu, 33, 5, 1951.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

**ОБ УСУХАНИИ ЕЛОВО-ПИХТОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ  
ЗАПАДНОГО УРАЛА**

**Ю. В. СИНАДСКИЙ**

Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук

(Отделение биологических наук АН СССР)

В 1955—1956 гг. в Куединском, Осинском, Оханском и других лесхозах Пермской области наблюдалось интенсивное усыхание елово-пихтовых насаждений. Это было вызвано массовым распространением корневой губки, опенка и других грибов, вредных насекомых, засухой, а также неправильно проводимыми рубками, ведущими к сильному осветлению и продуваемости насаждений, следствием чего является ветровальность деревьев. Главная роль из всех этих факторов принадлежит корневой губке. Зараженность ею елово-пихтовых насаждений составляет в указанных лесхозах от 40 до 80%.

Высокая фаутиность елово-пихтовых насаждений в условиях Пермской области в основном связана с механическими повреждениями корней, ствола и ветвей, которые вследствие слабого осмоления (в особенности, у пихты) являются путями для проникновения инфекции. На заражение деревьев влияет их состояние, время нанесения повреждения, его давность, размеры и т. д.

При лесопатологическом обследовании Маркидоновской дачи Куединского лесхоза (участок 110) было проведено детальное изучение состояния деревьев. Ежегодное усыхание ели и пихты имеет куртинный характер (площадями от 0,10 до 0,25 га).

Все ослабленные и усыхающие деревья повреждены скрытностволовыми вредителями (типограф, гравер, полиграф, усачи и др.). В этих участках с 1953 г. проводятся ежегодные выборочные санитарные рубки и мелкий отпуск древесины. Проведение этих мероприятий привело к дальнейшему ослаблению насаждений, что особенно сказалось на ели. Характер процесса усыхания можно видеть из следующего анализа пробной площади, заложенной в одном из очагов корневой губки (табл. 1).

Таблица 1

Порода	Количество деревьев, %			
	здоровых	ослабленных	усыхающих	усохших
Ель . . . . .	40,0	24,0	7,0	29,0
Пихта . . . . .	63,0	28,0	5,0	4,0

Таким образом, ель усыхает значительно интенсивнее, чем пихта. Однако из здоровых по внешним признакам деревьев пихты до 80% имеют гниль. Из свежих пней 65% были здоровыми, 35% — с гнилью.

Наличие развитой напенной гнили от корневой губки известным образом отражается и на внешнем виде дерева. Комлевая часть у ели, пораженной губкой, имеет некоторое утолщение. Кора у ели растрескана, у пихты видны продольные трещины. Крона уменьшается по длине.

При учете зараженности деревьев напеными гнилями, помимо осмотра их внешнего вида, необходимо производить хотя бы беглый анализ корневых систем и стволов.

Для ельников Оханского лесхоза характерным является также куртинное усыхание насаждений от корневой губки, опенка и других грибов.

Во всех куртинах имеется до 10—20% ветровальных и буреломных деревьев.

Усыхание ельников в застойно-сырых участках связано с наличием в почвенных горизонтах глея. Здесь корневая система сильно уродуется, наблюдается массовая ветровальность.

Проводимые ранее в Куединском и Оханском лесхозах выборочные санитарные рубки усыхающих куртин в елово-пихтовых насаждениях не достигают цели. Это мероприятие приводит только к еще большему расстройству насаждений и к усиленному их усыханию.

В елово-пихтовых насаждениях необходимо проводить комплексные лесохозяйственные обследования с глубоким изучением характера и особенностей усыхания, с установлением связи зараженности с возрастом, типами леса и т. д.

На основании приведенного нами краткого обследования и литературных материалов можно рекомендовать следующее.

1. При проведении рубок ухода в елово-пихтовых насаждениях оставлять имеющиеся лиственные породы (особенно липу, имеющую большую хозяйственную значимость в местных лесхозах) и сохранять сомкнутость полога в пределах 0,7—0,8. Прimesь лиственных пород полезна также для улучшения почвы.

2. На вырубленных площадях создавать культуры с примесью лиственных пород, с предварительным временным сельскохозяйственным использованием и с проведением корчевки пней.

3. По возможности ограничить пастьбу скота в лесах, а в зеленой зоне прекратить ее полностью.

4. В насаждениях, расположенных вблизи городов и населенных пунктов, отнесенных к зеленой и запретной зонам, расстроенные участки отводить под сплошную рубку с лесосеками шириной до 100 м. При этом: а) в сложных ельниках и пихтарниках за 1—2 года до первого приема рубки, в куртинах молодняка вырубать подлесок и одновременно сгребать подстилку; б) в ельниках и пихтарниках-зеленомошниках за 1—3 года до обсементельной рубки производить сдирание мохового и травяного покрова, рыхление почвы площадками или полосами.

5. Выборочные санитарные рубки прекратить как неоправдавшие себя, а проводить лишь сплошные санитарные рубки на ограниченных площадях (1—5 га) в соответствии с правилами рубок в ельниках.

6. В связи с зараженностью корневой губкой насаждений III—IV классов возраста и ниже снизить возраст рубки до 80 лет.

7. В очагах корневой губки оставлять ловчие деревья, обязательно и своевременно их окорять и вывозить.

8. Производить своевременную уборку ветровальных и буреломных деревьев.

Поступила в редакцию  
8 декабря 1960 г.

## К ВОПРОСУ О ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В СТЕПЯХ

**М. Л. БРАНОВИЦКИЙ**

Доцент

**О. М. ПОПЦОВ**

Инженер

(Ленинградская лесотехническая академия)

Наши исследования проводились в Тихорецком степном лесхозе, расположенном в северной, наиболее засушливой части Краснодарского края. Из всех необходимых для растений факторов жизни влага здесь находится в минимуме. Следовательно, создание устойчивых и долговечных насаждений в этих условиях возможно лишь при условии, если весь комплекс агротехнических и лесоводственных мероприятий будет строго и последовательно направлен на накопление влаги в почве и экономное расходование ее.

Исследования проводились в 1950, 1951, 1956 и 1957 гг. в Ново-Покровском и Средне-Челбасском лесничествах.

Основное внимание уделялось изучению отношения древесных пород к влаге. С этой целью изучались почвозащитные свойства пород (степень затенения почвы насаждениями и температурный режим под пологом); интенсивность транспирации древесных пород, образующих насаждения; влажность почвы под пологом изучаемых насаждений (степень иссушения почвы насаждениями различных пород); особенности развития корневых систем.

Приводим результаты наших наблюдений.

1. Температура воздуха под пологом насаждения ореха черного (17 лет) в среднем на 2° ниже, чем под пологом ясеня пушистого (20 лет). В самые жаркие часы (12—15 час.) это различие достигает 3—3,5°. В наиболее засушливое время 19 августа 1951 г. в 13 час. дня, когда температура воздуха достигала 38—40°С, на поверхности почвы она составляла: на слабо задернутой залежи — 58°; под насаждением ясеня пушистого 15 лет с сомкнутостью 0,4—45,5°; под дубовым 47-летним насаждением с полной сомкнутостью — 20,5°.

Естественно, что такая температура не может не влиять на иссушение верхних слоев почвы. Кроме того, если полог пропускает значительное количество света, то создаются условия для развития злаков, в свою очередь, испаряющих влагу.

Таким образом, устойчивость насаждения в значительной степени обуславливается создаваемыми им условиями среды.

2. Не менее важен вопрос, в какой мере отдельные древесные породы расходуют влагу путем транспирации? С этой целью нами 15—20 августа 1957 г. в Ново-Покровском лесничестве (кварталы 111, 112, 187) проведены наблюдения над интенсивностью транспирации по известной методике Л. А. Иванова. В нашем опыте срезание ветвей производилось в вазелиновом масле. Интенсивность транспирации (средняя из восьми наблюдений) дана на единицу веса сырых листьев, сомкнутость опытных насаждений — 0,8—1,0 (табл. 1).

Наибольшим «расточителем» влаги является ясень пушистый. Нельзя не отметить, что он, так же как и желтая акация, в условиях лесхоза при недостатке влаги в почве сбрасывает листву (в августе). В то же время дуб нормально развивается в течение всего вегетационного периода, а в августе-сентябре часто дает второй прирост.

Полученные нами впервые данные по интенсивности транспирации ореха черного и дуба армянского позволяют отнести первый к малоиспаряющим, а второй — к среднеиспаряющим породам.

Таблица 1

Порода	Возраст, лет	Интенсивность транспирации	
		мг/г час	мг/г сут
Орех черный	17	129	1806
Дуб армянский	15	270	3780
Ясень зеленый	20	280	3920
Ясень пушистый	17	309	4326

3. Влажность почвы определялась нами в наиболее засушливый (критический) период — в августе, когда происходит «выгорание» степи.

С целью оценки имеющегося запаса влаги в почве определялась максимальная гигроскопичность (МГ) по методу А. В. Николаева и вычислялся коэффициент завядания (ВЗ — влажность завядания), с применением коэффициента 1,5 МГ (по Качинскому). Результаты исследований приведены в табл. 2 (Средне-Челбасское лесничество, кварталы 22, 23, 36) и 3 (Ново-Покровское лесничество; кварталы 111, 112, 187).

Таблица 2

Глубина взятия образца, см	МГ, %	ВЗ, %	Влажность почвы (% к весу сухой почвы)		
			под пологом		на залежи 6 лет
			дуба 45 лет (сомкну- тость 1,0)	ясеня пу- шистого 15 лет (сомкну- тость 0,5)	
20	10,0	15,0	19,6	15,9	15,7
60	9,5	14,3	17,8	15,5	15,8
100	—	—	17,7	15,2	17,8
140	—	—	16,0	15,0	18,1
160	8,9	13,4	14,9	14,8	18,5
200	—	—	13,1	—	—

Примечание. Дата взятия образцов — 19 августа 1951 г.

Таблица 3

Глубина, взятия образца, см	Влажность почвы (% к весу сухой почвы)		
	под пологом		на залежи
	ореха черного, сви- дны 17 лет (сомкну- тость — 1,0)	ясеня пушистого, акации желтой 20 лет (сомкнутость — 0,9)	
20	18,5	16,0	15,9
40	18,1	17,4	16,9
60	20,2	17,5	17,0
80	17,2	15,2	17,4
100	16,3	14,8	17,6

Примечание. Дата взятия образцов — 19 августа 1957 г.

Из таблиц видно, что наименьшая влажность почвы наблюдается под насаждениями, имеющими плохие почвозащитные свойства.

Наши данные подтверждают также ранее сделанный вывод, что летом верхние горизонты почвы под лесом влажнее, чем в поле, а нижние — суше.

Фактическая влажность почвы под насаждениями ясеня пушистого весьма близка к влажности завядания. В этом случае очень вероятно появление у ясеня первых стадий завядания, которые внешне могут быть и не заметны ввиду сильного развития механических тканей. Это, очевидно, и является причиной периодического ослабления

роста насаждений ясеня пушистого и малой их устойчивости и долговечности в условиях лесхоза.

4. Характер строения корневой системы в известной мере отражает биологические и экологические свойства древесных пород. В табл. 4 приведены данные веса воздушно-сухих корней в верхнем кубометре почвы (Средне-Челбасское лесничество).

Таблица 4

Квартал	Порода	Возраст, лет	Вес корней в 1 м <sup>3</sup> почвы ( $\frac{g}{\%}$ )	
			толще 3 мм	тоньше 3 мм
23	Дуб черешчатый	45	<u>1688,7</u>	<u>447,0</u>
			77,7	22,3
36	Ясень пушистый	25	<u>1057,6</u>	<u>576,8</u>
			64,7	35,3
23	Ясень обыкновенный . . . . .	45	<u>1842,5</u>	<u>1099,7</u>
			62,6	37,4

Результаты наших исследований позволили составить шкалу интенсивности вствлнения (мочковатости) мелких корней изучаемых нами пород (от меньшей к большей): липа мелколистная, дуб черешчатый, клен остролистный... гледичия, акация белая, ясень обыкновенный, ясень пушистый; лох, свидина, скумпия... бересклет европейский, акация желтая, бирючина.

Поступила в редакцию  
20 января 1962 г.

## ОБ ОСТАВЛЕНИИ ОБСЕМИТЕЛЕЙ ПРИ СПЛОШНЫХ РУБКАХ В СОСНЯКАХ

**В. Е. КЛИМОВ**

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

До сих пор при составлении технологических карт почти совершенно не учитываются интересы лесовозобновления. Указанный недостаток порожден существовавшей до недавнего времени неувязкой лесосечных работ и лесохозяйственных мероприятий, игнорированием вопросов восстановления леса на вырубаемых площадях со стороны лесозаготовителей. Реорганизация лесной промышленности и лесного хозяйства, проведенная в конце 1959 г., открыла широкие возможности для комплексного разрешения этих вопросов.

В условиях Песьского леспромхоза треста «Новгородлес» в 1955—1958 гг. нами было разработано и внедрено в производство несколько технологических схем на базе тракторной трелевки и автомобильной вывозки.

По нашему мнению, на лесосеках в чистых сосняках семенники, при всех известных требованиях к ним, следует оставлять не единично, а группами по 2—5 шт., размещая их по границам пазек, как это показано на схеме (рис. 1).

При таком расположении создаются лучшие условия безопасности при валке деревьев, удобства трелевки при минимальной возможности повреждения семенников, и, что особенно важно, повышается их ветроустойчивость и способность к перекрестному опылению. Одновременно в середине лесосеки целесообразно оставлять семенные куртины. Общее число оставляемых семенных деревьев (как в группах, так и в куртинах), должно быть не менее 20 шт. на 1 га. Однако из-за экономических соображений не рекомендуется оставлять больше 25—30 деревьев. В этом нет необходимости и для наиболее полного обсеменения вырубki.

Предлагаемая схема рассчитана на условия эксплуатации сосновых лесов II группы с расчетом на последующее естественное облесение сплошных вырубок. Она предусматривает передовую технологию лесосечных работ, осуществляемых малыми комплексными бригадами на базе трелевочных тракторов, бензомоторных пил и погрузочных установок с одновременной автомобильной вывозкой древесины в хлыстах.

Применение данной технологии, по нашему мнению, в определенной степени способствует сочетанию интересов лесозаготовки и лесного хозяйства.

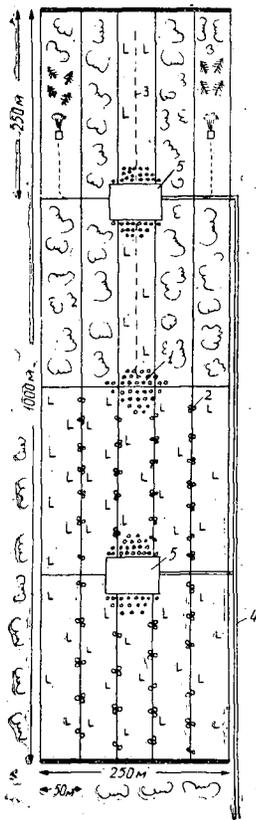


Рис. 1. Технология разработки сосновых лесосек в лесах

II группы с учетом естественного возобновления.

- 1— семенные куртины;
- 2— семенники в группах;
- 3— трелевочный волок;
- 4— лесовозная дорога;
- 5— погрузочная площадка.

## ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕИ АКАДЕМИКА  
ИВАНА ДАНИЛОВИЧА ЮРКЕВИЧА

22 июня 1962 г. исполнилось 60 лет со дня рождения и 35 лет производственной, научной, педагогической и общественной деятельности акад. Академии наук Белорусской ССР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Белорусского технологического института им. С. М. Кирова, лауреата Государственной премии СССР Ивана Даниловича Юркевича, крупного ученого в области лесоведения и геоботаники.

И. Д. Юркевич окончил Марьиногорский сельскохозяйственный техникум и Белорусскую сельскохозяйственную академию. В 1924 г. он стал помощником лесничего, затем лесничим. В 1927 г. он был принят в ряды КПСС. С 1930 г. работал в Белорусском научно-исследовательском институте лесного хозяйства младшим научным сотрудником, старшим научным сотрудником, заведующим отделом и заместителем директора по научной части. В 1963 г. он был переведен в Институт леса Академии наук БССР, где был заведующим отдела, а затем директором. С 1956 г. И. Д. Юркевич работает заведующим отдела геоботаники Института биологии, является заместителем академика-секретаря Отделения биологических и медицинских наук АН БССР, а также принимает участие в подготовке инженеров лесного хозяйства в Белорусском технологическом институте в качестве профессора кафедры лесоводства и дендрологии. В 1953 г. он был избран членом корреспондентом, а в 1956 г. — академиком АН БССР.

За время своей научной деятельности И. Д. Юркевич опубликовал 195 науч-

ных работ и статей, в том числе две крупные монографии, имеющие большое теоретическое и практическое значение. В годы Великой Отечественной войны

он вел исследования в области оборонной тематики. За изучение отечественных гуттаперченосов ему в 1951 г. присвоено почетное звание лауреата Государственной премии СССР. Партия и Правительство высоко оценили труды И. Ф. Юркевича и наградили его орденом «Трудового Красного Знамени» и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне». Работы ученого по вопросам плодоношения древесных пород, естественного и искусственного возобновления леса, рубкам главного и промежуточного пользования, лесной типологии нашли широкое применение в

лесохозяйственном производстве и вошли в учебные и справочные издания; отдельные из них изданы за рубежом. Большие работы проведены по изучению и практическому применению гербицидов для очистки лугов и пастбищ от кустарников, сорных и ядовитых трав. Работы И. Д. Юркевича пять раз отмечались медалями ВСХВ и многими грамотами.

Научные исследования И. Д. Юркевич совмещал с большой педагогической работой, являясь ассистентом, доцентом, заведующим кафедрой лесоводства и дендрологии и профессором кафедры Белорусского лесотехнического (ныне технологического) института им. С. М. Кирова. Он принимал участие в обучении сотен инженеров-лесоводов и подготовил десять кандидатов наук.

И. Д. Юркевич постоянно выполнял и выполняет большую общественную



работу. Он избирался депутатом Гомельского городского Совета, председателем Гомельского областного общества по распространению политических и научных знаний, членом Гомельского РК КПБ, председателем Президиума НТО лесной промышленности и лесного хозяйства БССР и др. В настоящее время он является председателем Белорусского Отделения Всесоюзного ботанического общества, председателем Научного координационного Совета по проблеме «Формирование, распространение и использование растительного покрова», депутатом Минского городского Совета, заместителем председателя Комиссии по озеленению г. Минска,

членом редакционных коллегий журналов «Сельское хозяйство Белоруссии» и «Доклады АН БССР» и др.

Профессор И. Д. Юркевич находится в расцвете творческих сил. Работая над вопросами изучения растительности Белоруссии, он борется за развитие мичуринской биологической науки, его дальнейшие творческие планы направлены на решение ряда геоботанических проблем в целях оказания помощи лесному и сельскому хозяйству.

*Заслуженный деятель  
наук БССР, академик  
АН БССР В. И. Переход.*

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

М. М. Путилин. Сравнительный анализ типологических концепций П. С. Погребняка и Г. Ф. Морозова . . . . .	3
М. В. Давидов. Рост и продуктивность насаждений ветлы ( <i>Salix alba</i> L.) . . . . .	9
Н. А. Коновалов, В. Д. Луганская. О роли огня в возобновлении лиственницы Сукачева на Среднем Урале . . . . .	15
Ф. И. Акакиев. Об изменении некоторых фенотипических особенностей сосны в Южной Карелии в связи с прежним хозяйством . . . . .	19
Э. Н. Фалалеев, А. В. Красикова. Гнили пихты сибирской . . . . .	23
Н. А. Попов. К вопросу о степени пожарной опасности и повреждаемости пожарами отдельных типов дубовых лесов Южного Приморья . . . . .	27
П. И. Ушаков. Опыт известкования кислых почв в культурах сосны обыкновенной . . . . .	30
А. В. Афанасьев. О росте молодняка ели под пологом лиственных пород . . . . .	34
В. Ф. Лебков. О влиянии начальной густоты на сортиментную структуру и возраст технической спелости сосновых древостоев . . . . .	37
И. И. Левицкий. Сравнительная выгодность культур, созданных посевом и посадкой при разных способах подготовки почвы в Башкирии . . . . .	43
В. А. Максимов. Сосняки Притоболья . . . . .	46
М. Т. Ганжа. Культуры тополя в поймах малых рек Украины . . . . .	50

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

А. А. Ткаченко. Дорожно-строительная классификация болот . . . . .	55
М. М. Корунев. Влияние теплопроводности твердых тел на изменение коэффициентов трения скольжения по льду и снегу . . . . .	63
Л. П. Биричевский, Н. Н. Буторин, В. В. Щелкунов. О напряженном состоянии рельса в зоне действия сосредоточенной нагрузки . . . . .	67
С. А. Владимиров. К вопросу об определении усилий, возникающих в такелажных креплениях секционных плотов . . . . .	73
А. М. Караваев. Выбор типа запани в зависимости от объемного веса древесины . . . . .	83
Л. Д. Дараган. Выбор метода определения расчетного коэффициента постели автомобильной колеиной дороги . . . . .	88
И. Г. Осыховский. К вопросу о классификации и режимах работы установок для раскряжевки хлыстов . . . . .	95

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Я. Т. Банкиерис. Производительность многоэтажного плиточного прессы при производстве древесно-стружечных плит . . . . .	98
Б. Ф. Никандров. Опыты микрофотографии бурой древесины . . . . .	104
Г. М. Гернет. Экспериментальная установка для исследования работы гидроприводов обрезных станков . . . . .	111
Н. Л. Леонтьев, Р. П. Болденков. О поправочных и пересчетных коэффициентах на влажность для пределов прочности древесины, прошедшей высокотемпературную сушку . . . . .	118

Е. Д. Добрынин. Деформации и напряжения, возникающие в ленточной пиле при движении . . . . .	123
В. М. Хрулев. О прочности клеевых соединений . . . . .	128
М. Н. Симонов. Некоторые физические и механические свойства коры основных древесных пород . . . . .	133

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. К. Славянский. К вопросу комплексного использования древесины лиственных пород . . . . .	140
Н. Я. Солечник, А. И. Новосельская. Использование одубины для производства древесно-волоконистых плит. Сообщение 2 . . . . .	143
В. А. Выродов, С. Я. Коротов. Непрерывный способ омыления изоборнил-формата . . . . .	148
Б. Д. Богомолов, О. П. Алексеева. Делигнификация древесины диметилсульфоксидом. Сообщение 1 . . . . .	155
Г. Ф. Прокшин. Определение сернистых соединений в сульфатном скипидаре . . . . .	161

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Ю. В. Синадский. Об усыхании елово-пихтовых насаждений Западного Урала : : . . . . .	168
М. Л. Брановицкий, О. М. Попцов. К вопросу о засухоустойчивости древесных пород в степях . . . . .	170
В. Е. Климов. Об оставлении обсеменителей при сплошных рубках в сосняках : : . . . . .	173

### ЮБИЛЕИ

В. И. Переход. Юбилей академика Ивана Даниловича Юркевича . . . . .	174
---	-----

## ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ «ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5. (Год издания пятый).

Слан в набор 9/VIII-1962 г. Подписан к печати 11/X-1962 г. Форм. бум. 70x108/16. Физич. л. 11.  
Печ. л. 15,07+1 вклейка. Уч.-изд. л. 14,31. Тираж 2000. Сл. 00896. Заказ № 1706. Цена 1 руб.

Типография им. Скляпина, г. Архангельск, Набережная В. И. Ленина, 86.

Таблица 1.

Возраст насаждения, лет	Возраст ели, лет	Самкутность полога	Тип леса	Высота ели, см	Годичные приросты в высоту (см) за годы															Замедление прироста ели в возрасте, лет	Возраст насаждения к этому времени, лет					
					1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954			1955	1956	1957	1958	1959
5	5	0,5—0,6	Ельник кислично-липняковый	30,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0	4,2	6,3	7,5	9,0	—	—		
5	5	0,8—0,9	"	27,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,1	2,9	5,6	8,0	8,5	—	—		
5	12	0,7	"	53,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5	5,0	9,0	11,5	13,0	—	—		
7	5	0,3	Ельник-черничник	24,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,6	3,5	2,7	6,7	9,1	—	—		
7	5	1,0	"	19,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,8	3,4	2,3	4,2	7,3	—	—		
9	5	0,6	Ельник кислично-липняковый	16,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,1	2,8	2,8	3,7	5,4	—	—		
9	15	0,7	"	120,9	—	—	—	—	—	3,5	3,8	4,1	4,0	3,5	3,0	3,5	4,0	4,5	8,0	15,0	18,0	24,0	18,5	—	—	
15	11	0,7	Ельник-черничник	33,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,7	2,6	3,4	2,7	2,0	2,6	—	—	
15	18	0,5	"	167,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,0	6,0	8,0	12,0	11,0	15,0	15,0	15,0	
15	15	0,9	"	83,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,3	6,0	5,8	7,5	4,8	4,9	4,1	13	
15	45	0,9—1,0	"	274,2	—	—	—	—	—	7,5	10,3	12,7	16,5	16,0	18,1	16,1	16,3	13,0	20,0	15,2	13,6	15,7	12,7	12,5	44	
17	9	0,8—0,9	Ельник кислично-липняковый	28,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,3	2,8	3,8	3,5	4,1	3,2	3,3	3,5	—
17	15	0,4	"	285,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,0	28,5	28,0	35,0	30,5	35,0	33,0	—	
17	40	0,7—0,8	"	490,0	—	—	—	—	—	12,0	16,8	25,5	26,0	24,0	19,0	26,0	18,0	36,0	48,0	42,0	28,6	36,0	32,0	24,1	—	
17	12	0,7—0,8	"	55,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,3	7,8	8,1	6,1	2,5	2,2	3,0	10	
17	14	0,9—1,0	"	50,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,4	3,9	3,6	3,1	4,3	6,0	4,9	4,1	
17	17	0,9—1,0	"	69,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,4	5,5	4,8	5,2	3,8	8,0	3,6	2,2	3,0
17	28	0,9—1,0	"	265,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20,2	21,0	13,8	19,5	18,3	20,0	12,1	13,8	
17	40	1,0	"	359,0	—	—	—	—	—	11,0	15,0	18,5	13,1	15,0	17,6	21,0	25,0	12,5	18,0	24,0	33,2	17,6	18,5	15,5	13,5	
21	9	0,9—1,0	Ельник-черничник	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	2,3	2,5	2,1	1,8	2,2	2,2	2,7	—
21	15	0,3—0,4	"	156,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,1	4,7	11,0	14,0	16,2	19,6	14,8	13,6	
21	12	0,8—1,0	"	30,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,9	3,1	3,0	3,1	2,3	3,2	2,2	1,8	
21	18	0,9—1,0	"	123,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,1	8,1	8,9	8,3	6,4	6,0	6,1	5,2	
21	28	0,9—1,0	"	354,0	—	—	12,5	17,8	22,0	26,0	16,3	19,8	15,2	24,4	20,0	23,3	23,0	20,8	15,3	15,0	7,4	9,0	6,2	7,0	23	
35	16	1,0	Ельник липняковый	37,7	—	—	—	—	2,2	2,0	2,4	1,9	1,7	2,4	1,7	1,7	2,1	2,1	2,4	3,7	2,8	3,9	2,2	2,5	—	
35	28	0,9—1,0	"	169,0	8,5	8,4	7,5	6,5	7,6	4,8	5,8	5,9	5,2	6,1	5,6	4,7	8,0	8,0	5,3	8,7	6,1	9,5	5,6	6,2	—	
140	7	0,9	Ельник-кисличник	10,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,1	1,1	1,4	1,5	2,0	1,5	1,5	
140	12	0,5	"	46,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
140	37	0,8	"	76,2	2,1	2,3	3,0	1,5	2,1	2,4	2,8	2,5	3,1	3,3	3,4	2,8	3,1	2,5	2,0	2,4	3,0	2,8	2,6	2,5	—	

МИНИСТЕРСТВО  
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СССР

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЛЕСНОЙ  
ЖУРНАЛ



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

Цена 1 руб.

## ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА 1963 год

НА ЖУРНАЛ „ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО“, ОРГАН  
ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СОВЕТА МИНИСТРОВ  
СССР ПО ЛЕСНОЙ, ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ,  
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И ЛЕСНОМУ ХОЗЯЙСТВУ

### ЖУРНАЛ „ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО“

широко освещает достижения науки и передового опыта лесоводства и лесоустройства, посева, посадки леса и защитного лесоразведения, механизации и рационализации лесохозяйственного производства, охраны и защиты насаждений от вредителей и болезней, борьбы с лесными пожарами;

рассказывает о лучших людях производства, дает консультации и ответы по правовым и трудовым вопросам, печатает отзывы и рецензии на вышедшие книги;

подробно информирует читателей об общественно-производственной жизни лесоводов, освещает деятельность Научно-технического общества лесной промышленности и лесного хозяйства.

Инженерно-технические и научные работники, лесоводы колхозов, совхозов и железнодорожного транспорта, студенты высших лесных учебных заведений и учащиеся техникумов всегда найдут на страницах журнала нужные и полезные для себя материалы.

**ПОДПИСНАЯ ЦЕНА НА ГОД 3 РУБ. 60 КОП.**

Подписку принимают без ограничения все конторы и отделения связи, а также общественные уполномоченные по распространению печати по месту работы.