

с 16106

## ЛѢСНОЙ ЖУРНАЛЪ

ИЗДАНИЕ  
ЛѢСНОГО ОБЩЕСТВА

въ С-Петербургѣ

XLIII-й годъ.

Мартъ  
Апрѣль

1913 г. Вып. 3—4-й.

## СОДЕРЖАНИЕ 3—4-го ВЫПУСКА.

	стр.
I. И. Кузнецовъ. Памяти Василія Тарасовича Собичевского . . . . .	409
II. Василій-Тарасовичъ Собичевскій. <i>Автобиографія</i> . . . . .	412
III. И. Гомилевскій. Василій Тарасовичъ Собичевскій, его жизнь и труды. . . . .	418
IV. Г. Высоцкій. Объ учрежденіи лѣсоводныхъ станцій. . . . .	444
V. Г. Морозовъ. Ислѣдованіе лѣсовъ Воронежской губерніи . . . . .	463
VI. С. Болословскій. Очерки по вопросу о техническихъ свойствахъ древесины ( <i>съ рисунками</i> ). . . . .	482
VII. П. Половинкинъ. Естественное возобновленіе сосны въ вересковомъ бору въ Салепжискомъ лѣсничествѣ Сувалжской губерніи. . . . .	502
VIII. А. Сузовъ. Лѣсныя и другія растительныя форманіи Онежскаго уѣзда . . . . .	528
IX. С. Озлябининъ. Опредѣленіе влажности почвы . . . . .	552
X. И. Бородавскій. Наблюденія надъ жизнью вѣдныхъ насѣкомыхъ въ связи съ мѣрами борьбы съ ними ( <i>съ рис.</i> ) <i>Продолженіе</i> . . . . .	581
XI. Э. Шабакъ. Записки Таксатора ( <i>съ рис.</i> ) <i>Продолженіе</i> . . . . .	613
XII. М. Костинъ. О лѣсосаженіяхъ Темерчинской казенной лѣсной уѣзды Нелюбинъ каго лѣсничества Томской губерніи и уѣзда . . . . .	649
XIII. В. Норкевичъ. Къ вопросу воспитанія въ питомникахъ сѣянцевъ осины. . . . .	668
XIV. М. Здорикъ. Новый способъ приготовленія по-вѣсныхъ разрѣзовъ . . . . .	671
XV. Журналы засѣданій Лѣсного Об-ва въ С-Петербургѣ . . . . .	673
XVI. Отъ казначея Лѣсного Общества . . . . .	681
XVII. Библиографія и новыя книги . . . . .	683
XVIII. Письма въ редакцію . . . . .	745
XIX. Объявленія. . . . .	789

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Сиб. Градоначальств., Измайлов. п., 8 рота, д. № 20-б.

1913.

## VI. Очерки по вопросу о технических свойствах древесины.

### I. Введение.

Вопросъ о технических свойствахъ древесины имѣетъ довольно длинную исторію. Первыя относящіяся сюда свѣдѣнія приводятся въ сочиненіяхъ Плинія \*), посвятившаго въ своихъ экономическихъ статьяхъ нѣсколько главъ прочности и крѣпости строевыхъ деревьевъ; у него встрѣчаются, напримѣръ, указанія на вліяніе возраста и условій роста на качества древесины. Съ начала восемнадцатаго вѣка открывается длинный рядъ работъ, посвященныхъ изслѣдованію крѣпости, упругости, а частью и удѣльнаго вѣса древесины. Среди лицъ, занимавшихся изученіемъ древесины, встрѣчаются представители самыхъ разнообразныхъ специальностей: физики, ботаники, лѣсоводы, инженеры и пр. Было потрачено уже много труда и все-же сдѣлано, въ сравненіи съ тѣмъ, что нужно еще сдѣлать, слишкомъ мало. Причину столь печальнаго явленія нужно искать въ необычайной сложности предмета. Дерево, будучи живымъ организмомъ, подвержено тысячъ различныхъ внѣшнихъ вліяній, которыя осложняются еще присутіемъ самому растенію явленіями наследственности и измѣчивости. Понятно, поэтому, что строительные матеріалы, появившіеся въ человѣческомъ обиходѣ сравнительно недавно (напримѣръ сталь), извѣстны, благодаря простотѣ и однородности своего строенія, гораздо лучше, нежели древесина. Вполнѣ понятно также, что при изученіи древесины требуется соблюденіе массы условій, не имѣющихъ мѣста при изслѣдованіи болѣе простыхъ однородныхъ матеріаловъ. Вслѣдствіе несоблюденія этихъ условій, цѣлый рядъ изслѣдованій, начиная съ появившейся въ 1707 году работы

---

\*) Данныя по исторіи вопроса почерпнуты главнымъ образомъ изъ работы: «Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der oesterreichischen Bauhölzer» von Anton Hadek und Gabriel Janka.

Parent'a и Muschenbreck'a, знаменитаго натуралиста Бюффона, Duhamel du Monceau, Girard'a и других—вплоть до 1848 года, не даетъ почти никакихъ положительныхъ свѣдѣній, всѣ полученныя за этотъ періодъ данныя отличаются такими грубыми противорѣчіями, что пользоваться ими совершенно невозможно. Чуть-ли не единственнымъ результатомъ всѣхъ этихъ работъ нужно считать явившееся благодаря имъ сознание необходимости болѣе строгихъ научныхъ методовъ изслѣдованія. На совершенно новый путь становятся два французскихъ изслѣдователя: лѣсоводъ Chevandier и техникъ Wertheim, въ 1848 году ихъ монографія «Memoire sur les propriétés mécaniques du Bois» составляетъ прямо эпоху въ исторіи вопроса. Результаты этой работѣ относятся уже къ той категоріи данныхъ, съ которыми приходится считаться и въ настоящее время \*).

Итакъ, если первыя попытки изученія древесины относятся еще къ глубокой древности, то во всякомъ случаѣ, серьезныя болѣе или менѣе научно обставленныя изслѣдованія начались въ сравнительно недавнее время.

Но и работы этого позднѣйшаго періода тоже подчасъ поражаютъ крупными разногласіями, что въ значительной степени нужно приписать отсутствію солидарности между отдѣльными изслѣдователями. Лѣсничіе рѣдко знаютъ, какими свойствами обладаетъ поставляемое ими дерево, а въ то же время строители, коммерсанты и фабриканты накопляютъ о древесинѣ свѣдѣнія, для обоснованія которыхъ имъ не достаетъ связующихъ нитей, а именно, знанія происхожденія деревьевъ. Каждый идетъ своимъ путемъ, обособленно отъ другихъ.

Чтобы показать насколько различными свойствами надѣляютъ древесину даже и той же породы различные авторы, приведемъ слѣдующія данныя для сопротивленія раздавливанію.

Вѣнскій строительный справочникъ 1888 г. . . . . 500 kg/cm<sup>2</sup>

Австрійско-Венгерскій строительный справочникъ

R. Hand'a 1894 г. . . . . 276 kg/cm<sup>2</sup>

Энциклопедическій Словарь Мейера . . . . . 405 »

Какъ же можно пользоваться подобными данными? На почвѣ очень плохого, особенно у практиковъ, знакомства со свойствами древесины появились даже довольно курьезные предрасудки. Такъ по словамъ проф. Шваппаха, въ Германіи сплошь и рядомъ наблюдается, что въ области распространенія ели, строители выше

\*) Exner. Die Technischen Eigenschaften der Hölzer.

цѣнять сосну, и наоборотъ, тамъ, гдѣ господствуетъ эта послѣдняя порода, предпочитаютъ ель. Само собой разумѣется, что подобныя предразсудки довольно чувствительно отражаются на народномъ хозяйствѣ.

Но если обратимся даже къ вполне научно обставленнымъ изслѣдованіямъ, то и тамъ мы найдемъ чрезвычайно сильныя колебанія въ свойствахъ одной и той же породы.

Такъ, у Шваппаха приведены для сосны слѣдующія крайнія величины сопротивленія раздавливанію:

maximum . . . . .	708 kg/cm <sup>2</sup>
minimum . . . . .	215 kg/cm <sup>2</sup>

Разумѣется, главная масса изслѣдованныхъ образцовъ дала величины, гораздо болѣе близкія между собою; но уже самое существованіе этихъ рѣзкихъ уклоненій показываетъ, насколько сильно измѣняются свойства древесины при различныхъ условіяхъ. И если составители старыхъ справочниковъ нисколько не задумывались приводить для Германіи англійскія данныя, а для Америки—германскія, то всѣ лучшія новѣйшія изслѣдованія стремятся получить числа, выражающія механическія свойства древесины только для строго опредѣленныхъ условій. Отъ мысли получить универсальныя величины теперь уже отказались.

## II. Методы изслѣдованія техническихъ свойствъ древесины.

### Удѣльный вѣсъ.

Методы для изученія древесины примѣнялись самые разнообразныя, что отчасти стоитъ въ связи съ различіемъ въ спеціальностяхъ изслѣдователей; нерѣдко при этомъ опредѣленіе тѣхъ или другихъ свойствъ древесины производилось косвеннымъ путемъ, на примѣръ, объ упругости выводились заключенія по высотѣ звука; производимаго брусками, заготовленными изъ изслѣдуемой древесины; въ настоящее время этотъ способъ оставленъ и опредѣленіе величины упругости производится путемъ механическихъ испытаній.

Болѣе современныя методы изслѣдованія техническихъ свойствъ древесины Мауг \*) подраздѣляетъ на слѣдующія четыре категории:

\*) Н. Мауг. „Über den forstlichen Wert der gegenwärtig üblichen Qualitätsbestimmungen der Hölzer“. Forstwissenschaftliches Centralblatt 1898 г.

Первый методъ состоитъ въ опредѣленіи удѣльнаго вѣса, на основаніи котораго дѣлаются выводы и о механическихъ свойствахъ древесины, исходя изъ соображенія, что эти послѣднія измѣняются параллельно съ удѣльнымъ вѣсомъ; главными орудіями изслѣдованія являются здѣсь вѣсы и ксилометръ. По второму методу производятся, наряду съ опредѣленіемъ удѣльнаго вѣса, также и механическія испытанія, ставящія, однако, цѣлью только опредѣленіе крѣпости при сжатіи. Основывается этотъ методъ на высказанномъ Баушингеромъ положеніи, что между крѣпостью при сжатіи и другими механическими свойствами древесины существуетъ опредѣленное соотношеніе. Третій методъ состоитъ въ опредѣленіи всѣхъ важнѣйшихъ механическихъ коэффициентовъ въ связи съ изслѣдованіями удѣльнаго вѣса и другихъ физическихъ свойствъ; «этотъ методъ ничего не предполагаетъ; онъ стоитъ на твердой базѣ, такъ какъ предварительно ставитъ себѣ цѣлью выяснитъ соотношеніе удѣльнаго вѣса и техническихъ свойствъ». Наконецъ, четвертый методъ всецѣло опирается на результаты массоваго опыта практическихъ дѣятелей лѣсного хозяйства и промышленности.

Первымъ изъ четырехъ указанныхъ методовъ особенно много работали Робертъ Гартигъ и его ученики: Бертогъ, Омейсъ, Ейхгорнъ и др. Принявъ удѣльный вѣсъ какъ показатель добротности древесины, названные изслѣдователи связали его съ анатомическимъ строеніемъ древесины: распределеніемъ сосудовъ, ихъ шириною и длиною, участіемъ въ массѣ древесины механическихъ элементовъ (толстостѣнныхъ трахеидъ, либриформа и пр.), сердцевинныхъ лучей и т. д. Эти изслѣдованія послужили основаніемъ для гипотезы Гартига, по которой удѣльный вѣсъ древесины обуславливается главнымъ образомъ комбинаціей двухъ факторовъ: богатствомъ почвы питательными веществами и силой транспираціи. Эта хорошо разработанная стройная гипотеза даетъ возможность удовлетворительно объяснить многія непонятныя съ перваго взгляда явленія въ измѣненіяхъ удѣльнаго вѣса древесины въ связи съ условіями роста дерева \*). Не входя здѣсь въ изложеніе указанной гипотезы, которой я предполагаю посвятить одинъ изъ слѣдующихъ очерковъ, перейду теперь къ вопросу о томъ, насколько вѣрна основная пред-

\*) См. объ этомъ: *Н. Бурый*. «Къ вопросу объ изученіи древесины». Лѣсной Журналъ № 1. 1896 г. *Л. Яшновъ*. «Вѣсъ древесины, какъ показатель ея добротности». Лѣсн. Журн.

посылка изслѣдователей школы Гартига, что по удѣльному вѣсу можно дѣлать заключенія вообще о технических свойствахъ древесины. Категорическое рѣшеніе этого вопроса въ утвердительномъ смыслѣ можно встрѣтить въ нѣкоторыхъ научныхъ сочиненіяхъ и болѣе поздняго времени. Такъ наиримѣръ, въ извѣстной книгѣ Бюсгена: «Строеніе и жизнь нашихъ лѣсныхъ деревьевъ» удѣльный вѣсъ древесины прямо отождествляется съ техническими ея свойствами. Однако изслѣдованія Тетмайера, Шваппаха, а также Маріабруннской лѣсной опытной станціи не подтвердили полностью взгляда Гартига и его учениковъ, что по одному удѣльному вѣсу древесины можно судить объ ея технических свойствахъ. Опираясь на данныя механическихъ испытаній Тетмайера и Шваппаха, Майръ приходитъ даже къ выводу, что вообще невозможно построить опредѣленное соотношеніе между удѣльнымъ вѣсомъ и различными видами крѣпости, въ силу чего и первый изъ четырехъ указанныхъ выше методовъ Майръ признаетъ не состоятельнымъ. Но несомнѣнно, что въ огульномъ отрицаніи метода Гартига Майръ впалъ въ противоположную крайность, такъ какъ изслѣдованія, наиримѣръ, Шваппаха, внося извѣстныя ограниченія и поправки въ вопросъ о примѣнимости удѣльнаго вѣса, какъ показателя добротности древесины, все-же, не даютъ основаній къ полному отрицанію зависимости между крѣпостью (при сжатіи) и плотностью древесины. Позднѣйшія работы Маріабруннской опытной станціи надъ елью обнаружили, что этотъ показатель качества древесины можетъ дать хорошіе результаты, если имъ пользоваться для сравнительныхъ изслѣдованій одной и той же породы и въ предѣлахъ опредѣленной области роста; необходимое условіе, которое должно быть соблюдено при этомъ—одинаковая влажность сопоставляемыхъ образцовъ древесины и отсутствіе сучьевъ, которые увеличиваютъ удѣльный вѣсъ, но въ то же время понижаютъ крѣпость древесины. На основаніи полученныхъ Маріабруннской станціей данныхъ, представилась даже возможность привести зависимость между крѣпостью при сжатіи (параллельно волокнамъ) и удѣльнымъ вѣсомъ древесины къ математической формулѣ, имѣющей для южно-тирольской ели слѣдующій видъ:

$$\beta_{15} = 10S_{15} - 70,$$

гдѣ  $\beta_{15}$  и  $S_{15}$  означаютъ соотвѣтственно крѣпость при сжатіи (въ килограммахъ на квадратный сантиметръ) и удѣльный вѣсъ, (умноженный на 100) при 15% содержанія влаги.

У сѣверно-тирольской ели соотношение удѣльнаго вѣса и крѣпости при сжатіи выражается нѣсколько иной формулой; но отличія заключаются исключительно въ величинѣ коэффициентовъ при  $S\varphi$  и постоянного числа, показатели же степени при  $R\varphi$  и  $S\varphi$  остаются равными единицѣ. Къ уравненію первой степени приводитъ соотношение между разсматриваемыми величинами и Баушингеръ для нѣсколькихъ изслѣдованныхъ имъ породъ. Другого вида уравненіе было получено только Руделофомъ по отношенію къ буку, а именно:

$$\beta = a + bs + cs^2.$$

Въ послѣднемъ, третьемъ выпускѣ вышеупомянутыхъ громадныхъ изслѣдованіи Маріабруннской лѣсной опытной станціи надъ елью, Янка идетъ еще дальше въ своихъ обобщеніяхъ и находитъ возможнымъ вывести общую формулу для соотношенія между крѣпостью при сжатіи и удѣльнымъ вѣсомъ, применимую уже ко всѣмъ восьми обслѣдованнымъ областямъ роста ели въ предѣлахъ Австріи. Формула эта имѣетъ слѣдующій видъ:

$$\beta_{15} = 10.3 S_{15} - 60.$$

Хотя эта формула даетъ и менѣе точные результаты, чѣмъ формулы, выведенныя для отдѣльныхъ областей роста, тѣмъ не менѣе, для практическихъ цѣлей она, по мнѣнію Янка, вполне пригодна, тѣмъ болѣе, что для лѣсопромышленника нерѣдко и невозможно установить точно происхожденіе той или иной древесины, вслѣдствіе чего было бы затруднительно опредѣлить, какая формула въ каждомъ данномъ случаѣ является болѣе подходящей. Къ сожалѣнію Янка не указываетъ точно, какая вѣроятная ошибка можетъ быть при пользованіи приведенной формулой; отсутствіе во многихъ случаяхъ указаній на степень точности выводимыхъ соотношеній составляетъ недостатокъ работы Маріабруннской опытной станціи, являющейся въ другихъ отношеніяхъ образцовой.

Не ограничиваясь выводомъ общей математической зависимости между крѣпостью при сжатіи и удѣльнымъ вѣсомъ еловой древесины, Янка составилъ на основаніи среднихъ цифръ, выведенныхъ изъ данныхъ испытаній 5119 образцовъ, слѣдующую таблицу, въ которой по удѣльному вѣсу древесины можно найти крѣпость ея при сжатіи.

Удѣльный вѣсъ въ абсолютно-сухомъ состояніи, умножен. на 100	Крѣпость при сжатіи въ абсолютно-сухомъ состояніи въ kg/cm.	Удѣльный вѣсъ въ абсолютно-сухомъ состояніи, умножен. на 100.	Крѣпость при сжатіи въ абсолютно-сухомъ состояніи въ kg/cm
31—32	531.6	43—44	799.1
32—33	535.9	44—45	828.4
33—34	559.0	45—46	848.5
34—35	572.2	46—47	830.5
35—36	601.6	47—48	876.7
36—37	627.8	48—49	910.3
37—38	640.6	49—50	899.5
38—39	663.2	50—51	943.6
39—40	686.5	51—52	948.1
40—41	717.1	52—53	993.8
41—42	738.3	53—54	1094.0
42—43	774.9	54—55	996.0

Въ эту таблицу вошли результаты механическихъ испытаній только абсолютно-сухой древесины, въ видахъ устраненія различій въ содержаніи влаги. Для практическаго дѣятеля было-бы, конечно интереснѣе имѣть таблицу, въ которой можно было-бы найти крѣпость, соотвѣтствующую удѣльному вѣсу при любомъ содержаніи влаги; но въ данномъ случаѣ насъ интересуетъ пока вопросъ о томъ, существуетъ ли вообще опредѣленная зависимость между удѣльнымъ вѣсомъ и крѣпостью еловой древесины, а для выясненія этой зависимости необходимо сопоставлять между собою только образцы одинаковой влажности. Правда, въ работѣ Маріабруннской станціи имѣется таблица и для комнатно-воздушно-сухой древесины, но она осложнена введеніемъ новаго фактора—влажности древесины, почему и разсмотрѣніе ея болѣе удобно будетъ сдѣлать въ очеркѣ, посвященномъ этой послѣдней.

При сопоставленіи данныхъ вышеприведенной таблицы, ясно видно, что крѣпость при сжатіи возрастаетъ параллельно съ увеличеніемъ удѣльнаго вѣса и только въ нѣкоторыхъ степеняхъ, на примѣръ, для удѣльнаго вѣса 46—47 мы видимъ небольшія отступленія отъ этого правила.



Хорошим показателем добротности древесины, как строительного материала, является не только абсолютная величина коэффициента крепости при сжатии, но и отношение этого последнего к удельному весу, названное Янки «коэффициентом качества». В самом деле, дерево, как строительный, а частью и подлочный материал, наиболее ценится в том случае, если оно обнаруживает наибольшую крепость при наименьшем удельном весе, ибо при таких условиях оно, не увеличивая чрезмерно нагрузки, дает сооружению достаточную прочность. Следовательно, чем больше отношение:  $\frac{\text{крепость при сжатии}}{\text{удельный вес}}$  тем более технически добротной нужно признать древесину.

Оказывается, что это отношение возрастает с увеличением удельного веса еловой древесины, что дает нам еще большее право, чем данные вышеприведенной таблицы, сделать вывод, что наиболее крепкая еловая древесина будет та, которая обладает и наивысшим удельным весом. При удельном весе 32—33 «коэффициент качества» составляет 16.43, а при удельном весе 53—54—20.38

Надо думать, что и у других древесных пород существует определенная зависимость между удельным весом и крепостью древесины, причем у лиственных пород, обладающих более сложным строением древесины, чаще должны встречаться отклонения от среднего соотношения между этими свойствами. Так, американские исследования технических свойств древесины, привели к выводу, «что у деревьев с простой структурой крепость увеличивается с удельным весом независимо от рода и вида; это называется *ceteris paribus*, что более тяжелое дерево есть и более крепкое... Исключение, повидимому, составляют дубы, которые не обнаруживают этого соотношения удельного веса и крепости как между собою, так и по отношению к другим родам» \*). Таким образом, по отношению к древесине с несложным анатомическим строением (главным образом хвойных пород) американцы нагнули в своих обобщениях много дальше, чем Янка, ограничивая свой вывод применением только к одной породе и притом известной области распространения; но в то же время они выделяют дубь,

\*) Цитировано по статье Майра: «Über den forstlichen Wert der gegenwärtig üblichen Qualitätsbestimmungen der Hölzer». Forstwissenschaftliches Centralblatt 1898 г.

как породу совершенно не обнаруживающую закономерности въ соотношеніяхъ удѣльнаго вѣса и крѣпости при сжатіи.

Однако, произведенныя мною изслѣдованія техническихъ свойствъ дубовой древесины изъ Шипова лѣса Воронежской губ. показали, что даже у этой породы, не смотря на исключительную сложность строения ея древесины, намѣчается известная зависимость между рассматриваемыми свойствами. Въ слѣдующей таблицѣ приводятся средній удѣльный вѣсъ и крѣпость при сжатіи параллельно волокнамъ дубовой древесины въ сѣченіи на высотѣ груди двѣнадцать модельныхъ деревьевъ при влажности 12%, соответствующей комнатно-сухому состоянію \*).

Удѣльный вѣсъ древесины въ комнатно-сухомъ состояніи $S_{\varphi} = 12\%$ , умноженный на 1000.	Коэффициентъ крѣпости при сжатіи въ комнатно-сухомъ состояніи $R_{\varphi} = 12\%$ въ $\text{kg/cm}^2$ .
776	685
747	624
743	628
734	652
719	633
714	634
711	588
697	587
696	560
693	604
683	536
681	541

Несмотря на отдѣльныя отступленія отъ правила, все-же нельзя не замѣтить въ приведенныхъ двухъ рядахъ цифръ нѣ-

\*) Я не вхожу здѣсь въ подробности описанія способа заготовки образцовъ для испытанія, приведенія полученныхъ коэффициентовъ къ влажности 12% и т. д., всѣ относящіяся сюда свѣдѣнія, наряду съ другими методологическими указаніями, помѣщены въ моей работѣ: «Изслѣдованіе техническихъ свойствъ дубовой древесины», которая въ скоромъ времени должна появиться въ печати.

котораго параллелизма, выражающагося въ томъ, что съ уменьше-  
 ніемъ удѣльнаго вѣса, понижается также и крѣпость при сжатіи.  
 Для того, чтобы выяснитъ, насколько подходящей для дубовой  
 древесины является уравненіе прямой линіи вида:  $y = ax + b$ , и  
 для опредѣленія величины коэффиціентовъ  $a$  и  $b$ , я поступилъ  
 слѣдующимъ образомъ: нанеся въ прямолинейной системѣ коорди-  
 наты по оси абсциссъ удѣльные вѣса ( $S_{\varphi} = 12\%$ ), а по оси орди-  
 наты—коэффиціенты крѣпости при сжатіи ( $R_{\varphi} = 12\%$ ), я прово-  
 дилъ черезъ точки, соотвѣтствующія координатамъ прямую такимъ  
 образомъ, чтобы отклоненія отдѣльныхъ точекъ отъ прямой въ  
 обѣ стороны уравновѣшивались. Конечно прямая проводилась на  
 глазъ, а затѣмъ при обнаруживающейся разницѣ въ суммѣ раз-  
 стояній отъ нея точекъ въ обѣ стороны, направленіе ея соотвѣт-  
 ствующимъ образомъ исправлялось. Когда наконецъ удалось про-  
 вести прямую съ приблизительно одинаковой суммой уклоненій въ  
 обѣ стороны, были измѣрены координаты двухъ ея возможно  
 удаленныхъ одна другой точекъ и по нимъ опредѣлены коэффи-  
 циенты  $a$  и  $b$  въ уравненіи  $y = ax + b$ . Выведенная такимъ спо-  
 собомъ формула получила слѣдующій видъ:

$$R_{\varphi} = 1,44 S_{\varphi} - 425$$

гдѣ  $R_{\varphi}$  означаетъ коэффиціентъ крѣпости при сжатіи въ кило-  
 граммахъ на квадратной сантиметръ при влажности  $12\%$ , а  $S_{\varphi}$ —  
 удѣльный вѣсъ, умноженный на 1000—при той же влажности.

О величинѣ погрѣшностей, которыя даетъ эта формула въ  
 примѣненіи къ каждой изъ двѣнадцати изслѣдованныхъ моделей  
 можно судить по даннымъ слѣдующей таблички, въ которой сопо-  
 ставлены величины коэффиціентовъ крѣпости при сжатіи, съ  
 одной стороны, найденные путемъ механическаго испытанія, и съ  
 другой—вычисленные по формулѣ (см. стр. 492).

Какъ видимъ, разниця не превышаетъ  $5.1\%$ , каковую вели-  
 чину нужно признать весьма незначительной, принимая во внима-  
 ніе, что механическіе коэффиціенты древесины вообще подвержены  
 очень сильнымъ колебаніямъ. Такіе результаты даетъ формула въ  
 примѣненіи къ среднимъ для всего сѣченія на высотѣ груди модель-  
 ныхъ деревьевъ коэффиціентамъ крѣпости при сжатіи и удѣльнымъ  
 вѣсамъ; если же воспользоваться ею для вычисленія  $R_{\varphi}$  по дан-  
 ному  $S_{\varphi}$  для каждаго отдѣльнаго подвергавшагося испытанію  
 (около 250) образца древесины, то въ единичныхъ случаяхъ  
 можно встрѣтить погрѣшность, доходящую до  $20\%$ , если не при-  
 6.

№№ Модель- ныхъ деревьевъ.	Коэффициентъ крѣпости при сжатіи въ kg/мс. <sup>2</sup>		Разница въ ‰ отъ коэффициента, найденнаго меха- ническимъ испыта- ніемъ.
	Вычисленный по формулѣ.	Найденный путемъ механическаго ис- пытанія.	
1	632	652	3.1
2	610	633	3.6
3	573	604	5.1
4	651	624	4.3
5	579	587	2.0
6	645	648	0.5
7	599	588	1.9
8	555	511	2.8
9	559	536	4.3
10	603	634	4.9
11	692	685	1.0
12	577	560	3.0

мать во вниманіе образцы, содержащія сердцевинную трубку. вообще обнаруживающіе въ своихъ свойствахъ рѣзкія и неправильныя уклоненія и потому не принятыя совершенно въ расчетъ при выводѣ формулы. Интересно отмѣтить, что у болѣе крупныхъ образцовъ древесины обнаруживаются меньшія отклоненія отъ найденной математической зависимости, чѣмъ у образцовъ мелкихъ; причина этого явленія, вѣроятно, заключается въ томъ, что въ болѣе крупныхъ кускахъ древесины рѣзкія индивидуальныя уклоненія менѣе возможны, чѣмъ у образцовъ, захватывающихъ всего 5—6 годичныхъ слоевъ. Къ болѣе крупнымъ образцамъ въ данномъ случаѣ относятся призмы съ площадью сѣченія 20—30 кв. сантим., а къ мелкимъ—не болѣе 5 кв. см. Необходимо здѣсь сдѣлать оговорку, что хотя съ увеличеніемъ испытываемаго образца древесины становится больше вѣроятность полученія цифръ, выражающихъ среднія свойства древесины, тѣмъ не менѣе, за извѣстными предѣлами увеличеніе размѣровъ образца можетъ гривить

полученіемъ случайныхъ результатовъ, вслѣдствіе появленія мелкихъ сучковъ и другихъ пороковъ, скрытыхъ внутри призмы и потому ускользающихъ отъ глаза изслѣдователя.

Такъ, между удѣльнымъ вѣсомъ и крѣпостью при сжатіи дубовой древесины Шипова лѣса существуетъ зависимость, которая для среднихъ величинъ можетъ быть выражена математической формулой. Но такъ какъ у отдѣльныхъ подвергнутыхъ изслѣдованію образцовъ древесины встрѣчаются отклоненія отъ найденной математической зависимости, доходящія до 20%, пользование удѣльнымъ вѣсомъ дубовой древесины, какъ критеріемъ ея добротности при сжатіи, допустимо съ извѣстными ограниченіями. Если мы будемъ на основаніи разницы въ удѣльномъ вѣсѣ двухъ небольшихъ образцовъ древесины сравнивать ихъ механическія свойства, какъ это дѣлаетъ, напримѣръ, Гартигъ въ своихъ лѣсотехническихъ изслѣдованіяхъ, то рискуемъ придти къ неправильнымъ выводамъ. Если же мы имѣемъ удѣльный вѣсъ, представляющій собою среднее изъ результатовъ изслѣдованія 6—10 образцовъ, по возможности, покрывающихъ весь діаметръ ствола, то на основаніи его можемъ сдѣлать заключеніе о крѣпости древесины и даже вычислить ея коэффициентъ сопротивленія сжатію при вѣроятной ошибкѣ не болѣе 5—6%.

Здѣсь мы встрѣчаемся съ явленіемъ, аналогичнымъ тому, которое наблюдается при примѣненіи на практикѣ массовыхъ таблицъ. Заклччающіеся въ этихъ послѣднихъ средніе объемы стволовъ въ приложеніи къ отдѣльному дереву могутъ дать весьма большое расхожденіе съ дѣйствительностью; но чѣмъ больше число стволовъ, объемъ которыхъ опредѣляется по таблицамъ, тѣмъ меньше получается погрѣшность.

Въ одной изъ послѣднихъ работъ, относящихся къ техническимъ свойствамъ древесины, а именно: «Eschenholz zu Ski» \*) Янка константируетъ тѣсную связь между удѣльнымъ вѣсомъ и крѣпостью древесины другой лиственной породы—ясеня. Онъ говоритъ: «техническія свойства: упругость, крѣпость при изломѣ и при сжатіи, а также твердость ясеновой древесины возрастаетъ вмѣстѣ съ увеличеніемъ удѣльнаго вѣса какъ въ абсолютно, такъ и воздушно-сухомъ состояніи....это наблюденіе справедливо не только по отношенію къ ясеню, но вообще ко всякой породѣ, и было мною неоднократно указано по отношенію, напримѣръ, къ

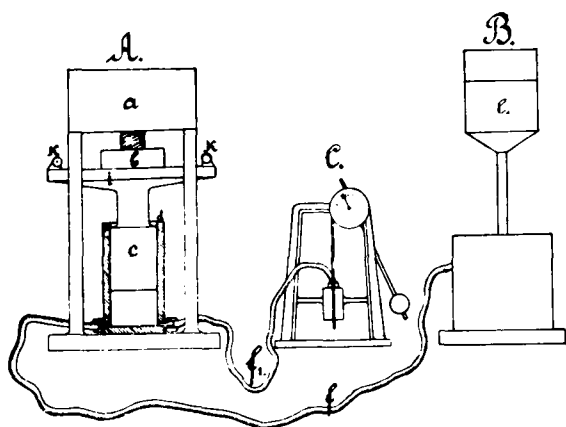
\*) Centralblatt für das Gesamte Forstwesen.

ели. То обстоятельство, что некоторые из исследованных древесин обнаруживают отклонения от общего правила, имѣть мѣсто вездѣ и всюду, гдѣ дѣло идетъ объ исследованіи древесины и найти глубоко скрытыя причины этихъ отклоненій въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ до сихъ поръ не представляется возможнымъ».

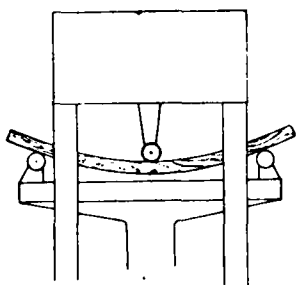
### III. Соотношеніе между различными механическими свойствами древесины.

Въ предшествующемъ изложеніи, говоря о технических свойствахъ древесины, я вездѣ имѣлъ въ виду только крѣпость при сжатіи. Теперь возникаетъ вопросъ, насколько эта послѣдняя можетъ характеризовать качества древесины, какъ строевого и подѣлочнаго матеріала, то, есть, насколько тѣсная связь существуетъ между крѣпостью и другими свойствами древесины. Во избѣжаніе могущихъ возникнуть недоразумѣній, необходимо здѣсь же отмѣтить тѣ рамки, въ предѣлахъ которыхъ трактуется вопросъ о технических свойствахъ древесины въ настоящихъ, предлагаемыхъ читателю очеркахъ. При современномъ громадномъ и въ высшей степени разнообразномъ примѣненіи древесины, техническія свойства ея могутъ быть расцѣнваемы съ весьма различныхъ точекъ зрѣнія—смотря по тому, употребляется ли древесина какъ строительной или подѣлочный матеріалъ, идетъ ли она для производства древесной массы, для сухой перегонки и пр. Въ данномъ случаѣ предметъ нашей статьи составляютъ механическія свойства древесины, именно, крѣпость и упругость при изломѣ и при сжатіи, а также твердость—каковыя свойства имѣютъ существенное значеніе при употребленіи дерева для столярныхъ и строительныхъ цѣлей.

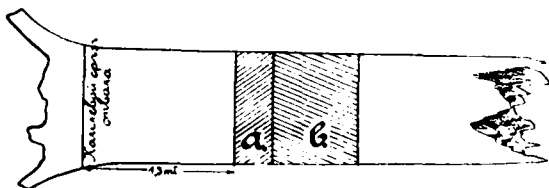
Вопросъ, слѣдовательно, заключается въ томъ, чтобы выяснитъ зависимость между крѣпостью при сжатіи и другими механическими свойствами древесины. Предполагая, что далеко не всѣ читатели знакомы со способами производства механическихъ испытаній, я позволю себѣ здѣсь привести схематическое описаніе одной изъ наиболѣе распространенныхъ въ настоящее время машинъ—гидравлическаго пресса Амслера-Лаффона, а также способовъ опредѣленія крѣпости и упругости при сжатіи и изломѣ. Изъ этого описанія читатель, незнакомый съ ученіемъ о сопротивленіи матеріаловъ, можетъ составить нѣкоторое представленіе о томъ, какое значеніе имѣютъ такія спеціальныя выраженія какъ



Черт. 1.



Черт. 2.



Черт. 4.

коэффициентъ крѣпости при сжатіи и при изломѣ, модуль упругости и проч.

Прессъ состоитъ изъ слѣдующихъ главныхъ частей (см. черт. № 1.) собственно пресса—А, ротативнаго насоса—В, посредствомъ котораго накачивается подъ поршень пресса масло изъ бака—е, и манометра—С. Устройство самаго пресса очень просто. Внутри цилиндра d ходитъ поршень с, наверху котораго укрѣплена плотформа i; на этой послѣдней помѣщается плита в, на которую ставится испытуемой на сжатіе образецъ древесины, имѣющей форму прямоугольной призмы. Подъ поршень накачивается изъ бака масло по трубкѣ f, вслѣдствіе чего поршень подымается и прижимаетъ призму къ верхней укрѣпленной неподвижно плитѣ—а. Давленіе масла подъ поршнемъ передается манометру посредствомъ трубки—f. Продолжающейся подкачкой масла давленіе доводится до того предѣла, за которымъ наступаетъ разрушеніе ткани древесины, которое очень легко улавливается манометромъ, указательная стрѣлка котораго въ моментъ деформации быстро отходитъ назадъ. Увеличеніе нагрузки происходитъ весьма постепенно; при излѣдованіи упругости производится также измѣреніе укороченій бруска, соотвѣтствующихъ возрастанію давленія. Наибольшее достигнутое давленіе относенное къ единицѣ площади сѣченія призмы, и выразить величину коэффициента крѣпости при сжатіи.

Испытанія на изломъ производятся на томъ же прессѣ; плита—в при этомъ убирается, а вмѣсто нея укрѣпляются валики—к, на которые кладется испытуемый образецъ, имѣющей форму длинной прямоугольной призмы; къ плитѣ—а тоже привинчивается валикъ, который и надавливаетъ на средину бруска (Черт. 2-ой).

Для опредѣленія модуля упругости измѣряется стрѣла прогиба бруска—f; вычисленіе же производится по слѣдующей формулѣ:

$$E = \frac{pl^3}{4bh^3f}$$

гдѣ буквы обозначаютъ: E—модуль упругости, выражаемый въ килограммахъ на квадратный сантиметръ поперечнаго сѣченія, p—величина давленія, соотвѣтствующаго стрѣлѣ прогиба—f, l—длина бруска между опорными валиками, b—ширина и h—толщина бруска посрединѣ. Въ общепитіи подъ словомъ упругость нерѣдко понимаютъ способность бруска изгибаться подъ дѣйствіемъ внѣшнихъ силъ, причемъ болѣе упругимъ считаютъ дерево, которое



легче гнется. Модуль упругости, вычисляемый по вышеприведенной формулѣ, наоборотъ, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ большее сопротивление оказываетъ дерево изгибающимъ силамъ, ибо давленіе  $p$  входитъ въ числитель, а стрѣла прогиба— $f$ —въ знаменатель. Разсматриваемая формула выводится въ предположеніи, что стрѣла прогиба увеличивается пропорціонально нагрузкѣ, почему  $p$  и  $f$ , необходимыя для вычисленія— $E$ , ведутся только до такъ называемаго предѣла упругости, за которымъ возрастаніе прогиба происходитъ быстрѣе увеличенія нагрузокъ.

Если остановить опытъ до достиженія предѣла упругости и спустивъ масло изъ подъ поршня пресса, прекратить давленіе на середину бруска, то этотъ послѣдній принимаетъ ту же форму, какую онъ имѣлъ до начала испытанія; если же прекратить давленіе за предѣломъ упругости, то полного возвращенія къ первоначальной формѣ уже не происходитъ, получается «остающаяся деформация».

Вычисленіе крѣпости при изломѣ производится по формулѣ

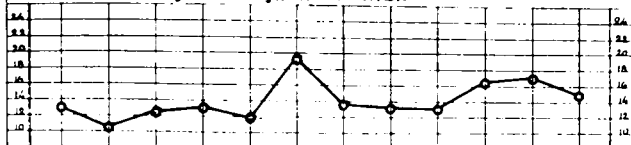
$$R = \frac{3Pl}{2bh^2}$$

гдѣ  $R$  обозначаетъ коэффициентъ крѣпости при изломѣ, выражаемый въ килограммахъ на квадратный сантиметръ поперечнаго сѣченія,  $P$ —давленіе въ моментъ излома бруска, а значеніе остальныхъ буквъ остается то же, что и въ формулѣ для вычисленія модуля упругости.

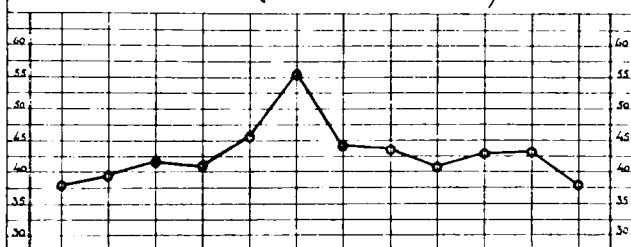
Такъ какъ при употребленіи дерева для строительныхъ цѣлей весьма часто предъявляются требованія къ крѣпости и упругости этого матеріала при изломѣ, представляются весьма важными для болѣе или менѣе полной характеристики механическихъ свойствъ древесины испытанія на изгибъ. Но принимая во вниманіе, что эти послѣднія сопряжены съ большой затратой времени и энергіи, является мысль, нельзя ли ограничиться опредѣленіемъ только крѣпости при сжатіи, по которой и судить о крѣпости и упругости при изломѣ. Нѣкоторые изслѣдователи, какъ напримѣръ, Шваппахъ и ограничивались въ своихъ работахъ опредѣленіемъ только коэффициентовъ сопротивления сжатію; интересно выяснить, насколько полученныя ими данныя могутъ служить основаніемъ для сужденій вообще о механическихъ свойствахъ подвергавшейся изслѣдованію древесины. Мы подошли такимъ образомъ къ оцѣнкѣ второго изъ четырехъ устанавливаемыхъ Майромъ методовъ. Самъ

# Соотношение различных механических коэффициентов в еловой древесине

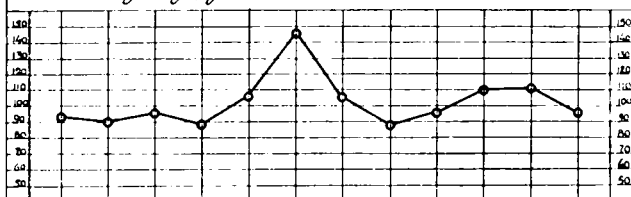
Участие осевой зоны в процентах от общей площади сечения.



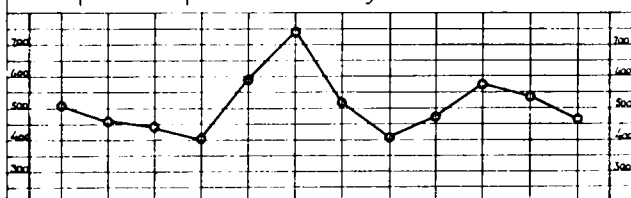
Удельный вес (умноженный на 100)



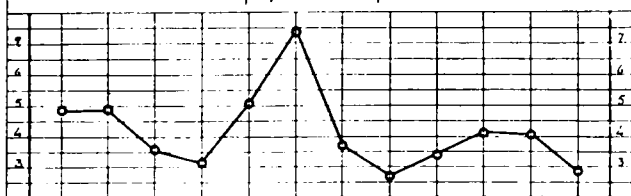
Модуль упругости в тоннах на 1 см<sup>2</sup>



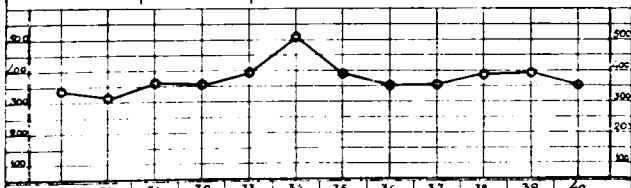
Крепность при изгибе в кгс на 1 см<sup>2</sup>



Работа деформации при изгибе в тн/см.



Крепность при сжатии (кгс/см<sup>2</sup>)



Майръ относится къ этому методу весьма скептически, отрицая существованіе опредѣленной зависимости между различными механическими коэффициентами.

Новѣйшія изслѣдованія техническихъ свойствъ древесины не даютъ, однако, основаній для такого взгляда. Правда, у отдѣльныхъ, подвергающихся испытанію образцовъ древесины, замѣчаются значительныя колебанія въ величинѣ соотношенія коэффициентовъ крѣпости и упругости при сжатіи и изломѣ; но при выводѣ среднихъ эти колебанія сглаживаются и существованіе опредѣленной зависимости между различными механическими свойствами выступаетъ съ полной несомнѣнностью. Такъ, согласно даннымъ цитированной уже выше работы Маріабруннской опытной станціи надъ елью, отношеніе крѣпости при изломѣ къ крѣпости при сжатіи у сѣверно-тирольской ели колеблется отъ 1.53 до 1.30, а у ели изъ Вѣнскаго Лѣса отъ 1.51 до 1.17, составляя въ среднемъ для всѣхъ изслѣдованныхъ образцовъ 1.50 (въ воздушно-сухомъ состояніи, то есть при содержаніи влаги 12—15%). Указанные предѣлы колебаній, однако, сильно сглаживаются въ отношеніяхъ среднихъ для цѣлыхъ моделей. На слѣдующемъ графикѣ, (черт. № 3), на которомъ нанесены коэффициенты крѣпости, а также упругости при изломѣ и при сжатіи согласный ходъ кривыхъ свидѣтельствуетъ о существованіи ясно выраженной зависимости между рассматриваемыми свойствами древесины. На томъ же графикѣ нанесены и удѣльные вѣса, кривая которыхъ въ главныхъ изломахъ тоже находится въ полномъ соотвѣтствіи съ остальными кривыми, что еще разъ подтверждаетъ сдѣланный выше выводъ, что удѣльный вѣсъ можетъ служить критеріемъ для сужденія о качествахъ древесины, если только пользоваться имъ съ извѣстными ограниченіями.

Посмотримъ теперь какъ измѣняется отношеніе крѣпости при изломѣ къ крѣпости при сжатіи, а также модуль упругости къ крѣпости при изломѣ у различныхъ изслѣдованныхъ мною образцовъ дубовой древесины. Въ слѣдующей таблицѣ показаны величины двухъ названныхъ отношеній выведенныхъ для восьми дубовыхъ модельныхъ деревьевъ изъ Шипова лѣса по даннымъ механическихъ испытаній призмъ, выколотыхъ изъ ствола на высотѣ груди.

№№ модельных деревьевъ.	Отношение E/R при изломѣ.	Отношение:
		$\frac{R \text{ при изломѣ}}{R \text{ при сжатіи}}$
1	118	2.01
2	114	1.89
3	106	2.15
4	90	2.17
5	117	1.92
6	114	1.98
7	121	2.05
8	102	1.92

Какъ видимъ отношеніе E:R при изломѣ колеблется въ пре-  
дѣлахъ отъ 90 до 121, а отношеніе  $\frac{R \text{ при изломѣ}}{R \text{ при сжатіи}}$  отъ 1.89 до  
2.17. Вывода среднія величины этихъ отношеній для всѣхъ восьми  
модельныхъ деревьевъ. получаемъ въ округленныхъ числахъ:  
E:R = 110 и  $\frac{R \text{ при изломѣ}}{R \text{ при сжатіи}} = 2$ , т. е. модуль упругости выра-  
жается числомъ въ 110 разъ большимъ, чѣмъ коэффициентъ при  
изломѣ, а этотъ послѣдній—числомъ вдвое большимъ, чѣмъ коэф-  
фициентъ крѣпости при сжатіи.

Теперь возникаетъ вопросъ, насколько точные результаты  
можно получить, пользуясь выведенными соотношеніями для вычис-  
ленія однихъ механическихъ коэффициентовъ по другимъ. Наиболь-  
шихъ погрѣшностей нужно, конечно, ожидать для тѣхъ модель-  
ныхъ деревьевъ, у которыхъ замѣчается наибольшее отклоненіе въ  
величинѣ отношеній отъ найденныхъ среднихъ, а именно, для  
№№ 4 и 7-го. Сравнивая для нихъ модули упругости и коэффи-  
циенты крѣпости при изломѣ, съ одной стороны вычисленные, а  
съ другой—найденные путемъ механическаго испытанія, получаемъ  
отклоненія до 10%.

Приведенныя въ таблицѣ данныя относятся къ тѣмъ дубамъ,  
которые взяты были съ почвъ наиболѣе распространенныхъ въ

Шиповомъ лѣсу и дающихъ древесину наилучшаго качества въ предѣлахъ этого лѣсного массива. Въ томъ же Шиповомъ лѣсу встрѣчаются, однако, дубовыя насажденія, дающія древесину, довольно сильно уклоняющуюся по своимъ свойствамъ отъ древесины, произрастающей на почвахъ наиболѣе распространенныхъ здѣсь типовъ. Такъ на крутыхъ склонахъ овраговъ и на солонцеватыхъ суглинкахъ дубъ даетъ древесину меньшей крѣпости и упругости; оказывается, что и величина отношеній  $E:R$  и  $\frac{R \text{ при изломѣ}}{R \text{ при сжатіи}}$  сильно измѣняется у древесины дуба при условіяхъ роста, въ соотвѣтствіи съ тѣмъ и величина отклоненій, получающихся при сличеніи механическихъ коэффициентовъ съ одной стороны вычисленныхъ, а съ другой найденныхъ опытомъ, доходитъ до 20—22%.

Указанныя довольно значительныя величины, представляютъ интересъ въ томъ отношеніи, что онѣ показываютъ, насколько вообще сильно могутъ измѣняться свойства дубовой древесины подъ вліяніемъ условій роста; но для характеристики древесины дуба Шипова лѣса данныя для такихъ исключительныхъ условій роста имѣютъ второстепенное значеніе, тѣмъ болѣе, что на рѣзко выраженныхъ солонцеватыхъ суглинкахъ дубъ почти не даетъ строевыхъ и подѣлочныхъ сортиментовъ.

Такимъ образомъ, если отрѣшиться отъ крайностей и разсматривать свойства древесины дубовъ, выросшихъ на почвахъ наиболѣе распространенныхъ въ Шиповомъ лѣсу и дающихъ главную массу строевой и подѣлочной древесины изъ этого лѣсного массива, то вполне возможно получить среднія величины отношеній коэффициентовъ крѣпости и упругости при изломѣ и крѣпости при сжатіи и находить при помощи ихъ вычислительнымъ путемъ механическіе коэффициенты на изломъ по даннымъ испытаніямъ на сжатіе. Уклоненія вычисленныхъ коэффициентовъ отъ найденныхъ оытомъ, доходящія въ отдѣльныхъ случаяхъ до 10% нельзя считать очень значительными, принимая во вниманіе чрезвычайно сильную измѣнчивость механическихъ коэффициентовъ древесины, вслѣдствіе чего всякіе расчеты здѣсь могутъ производиться только съ грубымъ приближеніемъ.

Что найденныя отношенія  $E/R$  при изломѣ и  $\frac{R \text{ при изломѣ}}{R \text{ при сжатіи}}$  не являются случайными; а довольно близко отвѣчаютъ соотношеніямъ существующимъ въ дѣствительности, можно видѣть изъ слѣдующаго

сопоставленія. Всѣ заготовленные изъ вышеуказанныхъ восьми модельныхъ деревьевъ образцы для механическихъ испытаній древесины раздѣляются на двѣ серіи: одни образцы служили для испытаній на сжатіе, а другіе на изломъ, какъ видно изъ слѣдующаго схематическаго чертежа. (Черт. 4-ый)

Изъ кругляка—а, выпиленнаго на высотѣ 1,3 метра отъ почвы, выкалывались образцы на сжатіе, а изъ болѣе длиннаго кругляка—б—образцы на изломъ; изъ этихъ послѣднихъ выпилювались послѣ окончанія опыта еще короткія призмочки, служившія для опредѣленія крѣпости при сжатіи. Отношенія механическихъ коэффиціентовъ вычислялись только по даннымъ испытаній длинныхъ брусковъ и выпилюваемыхъ изъ нихъ же образцовъ на сжатіе. Что же касается образцовъ, заготовлявшихся изъ кругляка—а, то они не служили для вывода указанныхъ соотношеній; средній коэффиціентъ крѣпости при сжатіи, выведенный на основаніи механическихъ испытаній этихъ образцовъ, составляетъ  $631 \text{ kg/cm}^2$ ; умножая 631 на 2, а полученный результатъ на 110, найдемъ крѣпость и упругость при изломѣ:  $R = 1262 \text{ kg/cm}^2$ , а  $E = 138820 \text{ kg/cm}^2$ . Сравнивъ найденные вычисленіемъ коэффиціенты съ средними, выведенными изъ данныхъ механическихъ испытаній:  $R = 1269 \text{ kg/cm}^2$  и  $E = 143400 \text{ kg/cm}^2$ , видимъ, что разница въ величинѣ  $E$  составляетъ 3 съ небольшимъ процента, а въ величинѣ  $R$  всего 0.5 %. Отсюда видимъ, что даже при сопоставленіи данныхъ механическихъ испытаній образцовъ разныхъ серій отношеніе  $E/R$  и  $\frac{R_{\text{при изломѣ}}}{R_{\text{при сжатіи}}}$  оказывается очень близкимъ къ приведеннымъ выше числамъ: 110 и 2.

Такимъ образомъ, даже у дуба — породы подверженной наиболѣе сильнымъ случайнымъ уклоненіямъ и колебаніямъ въ механическихъ свойствахъ, можно подмѣтить нѣкоторое постоянство въ соотношеніяхъ коэффиціентовъ между собою, причемъ отношенія эти отличаются отъ тѣхъ, которыя выведены были для ели; а именно, у этой породы, какъ было указано выше, крѣпость при изломѣ въ полтора раза больше крѣпости при сжатіи, тогда какъ у дуба отношеніе это составляетъ 2 : 1.

Нельзя поэтому признать, какъ это дѣлаетъ Майръ, методъ изслѣдованія древесины, основанный на опредѣленіи только коэффиціентовъ крѣпости при сжатіи, совершенно несостоятельнымъ, Имъ пользоваться можно въ комбинаціи съ третьимъ методомъ,

состоящимъ въ опредѣленіи всѣхъ важнѣйшихъ механическихъ коэффициентовъ.

При изслѣдованіи многихъ лѣсоводственныхъ вопросовъ, связанныхъ съ изученіемъ техническихъ свойствъ древесины, часто является необходимость механическихъ испытаній весьма большого числа образцовъ; принимая же во вниманіе, что опредѣленіе всѣхъ хотя-бы важнѣйшихъ механическихъ коэффициентовъ сопряжено съ громадной затратой времени, необходимо, конечно, стремиться къ упрощенію работы. Этому упрощенію можно достигнуть слѣдующимъ образомъ: производя испытаній на сжатіе столько, сколько потребуется для всѣхъ сопоставленій, связанныхъ съ даннымъ вопросомъ, число испытаній на изломъ можно сократить до минимума, необходимаго для вывода среднихъ соотношеній  $E : R$  и  $R$  при изломѣ  $R_{\text{при сжатіи}}$ , причемъ среднія могутъ быть выведены или общія для всѣхъ изслѣдованныхъ образцовъ или для извѣстныхъ группъ ихъ. Во многихъ случаяхъ такой обходный путь опредѣленія крѣпости и упругости является единственно возможнымъ. Напримѣръ, при изслѣдованіи вліянія на техническія свойства древесины проходныхъ рубокъ или хотя-бы осушки болотъ, при изученіи измѣненій крѣпости и упругости древесины съ возрастомъ дерева и т. п. приходится заготавливать образцы очень мелкіе, испытанія которыхъ на изломъ дали бы весьма ненадежные результаты, между тѣмъ какъ при современныхъ конструкціяхъ машинъ опредѣленіе коэффициента крѣпости при сжатіи даже на малыхъ образцахъ можетъ быть произведено съ достаточной степенью точности.

Если крѣпость и упругость при изломѣ стоятъ въ опредѣленной зависимости какъ между собою, такъ и по отношенію къ крѣпости при сжатіи, то нельзя того же сказать о другомъ очень важномъ механическомъ свойствѣ древесины—твердости, соотношеніе которой съ другими механическими коэффициентами мѣняется чрезвычайно рѣзко и неправильно. Къ этому вопросу мы еще вернемся въ особомъ очеркѣ, посвященномъ твердости древесины.

*С. А. Богословскій.*

*(Продолженіе слѣдуетъ).*

# I. Очерки по вопросу о технических свойствах древесины.\*)

## IV. Твердость.

Твердость древесины имѣеть весьма большое практическое значеніе, ибо отъ нея зависитъ большая или меньшая затрата силы, какъ при заготовкѣ лѣса на мѣстѣ, такъ и при дальнѣйшей обработкѣ полученныхъ матеріаловъ. Особое значеніе твердость имѣеть у тѣхъ древесныхъ породъ, которыя находятъ примѣненіе въ столярномъ дѣлѣ, ибо при слишкомъ высокой твердости приходится затрачивать много лишней работы для приданія предмету желаемой формы; кромѣ того здѣсь имѣеть значеніе и быстрая порча инструментовъ. Напротивъ, во многихъ случаяхъ, какъ напримѣръ, при изготовленіи нѣкоторыхъ машинныхъ частей, отъ древесины требуется повышенная твердость. При употребленіи дуба на клепку иногда требуется мягкая древесина, какъ напримѣръ, при заготовкѣ мелкихъ, не подлежащихъ возврату бочекъ; въ другихъ же случаяхъ бондари, наоборотъ, предпочитаютъ твердую клепку, которая болѣе пригодна для тяжелыхъ бочекъ, предназначенныхъ для отдаленнаго транспорта. Приведенными примѣрами, конечно, далеко не исчерпываются всѣ случаи, въ которыхъ могутъ быть предъявлены тѣ или иные требованія по отношенію къ твердости древесины.

Но несмотря на большую важность вопроса, опредѣленіе твердости древесины до самаго послѣдняго времени не входило въ кругъ обычныхъ лабораторныхъ механическихъ испытаній. Причину указаннаго явленія нужно видѣть въ томъ, что только сравнительно недавно разработанъ методъ, позволяющій находить числовое выраженіе величины твердости, безъ чего научное изслѣдованіе вопроса, конечно, невысказимо. Этотъ методъ былъ сначала предложенъ и разработанъ Бриннелемъ главнымъ образомъ въ примѣненіи къ металламъ, а затѣмъ Янка воспользовался имъ и



для изслѣдованія древесины, введя нѣкоторыя видоизмѣненія въ технику испытаній, сообразно съ особенностями матеріала.

Тѣ соображенія, по которымъ Янка рѣшилъ примѣнить методъ Бриннеля къ древесинѣ, изложены въ его статьѣ: *Die Härte des Holzes* \*) („Твердость древесины“). Позволяю себѣ привести здѣсь почти дословную выдержку изъ этой статьи:

«Если мы говоримъ о твердости древесины, то мы представляемъ себѣ проникающее въ эту послѣднюю постороннее твердое тѣло въ видѣ какого-нибудь спеціально приспособленнаго для такой цѣли инструмента: топора, клина, ножа, струга, пилы и проч. Такъ какъ эти различныя орудія, стремясь разъединить частицы вещества древесины оказываютъ на нее совершенно различное дѣйствіе, то нужно было-бы, собственно говоря, опредѣлять твердость особо для cadaго даннаго инструмента.

При этомъ играютъ роль также разныя другія механическія свойства древесины—упругость, связность, расколимость, поскольку они препятствуютъ или способствуютъ прониканію орудія въ древесину. Такъ, клинъ производитъ разрывъ боковой связи волоконъ; работѣ его противодѣйствуетъ крѣпость при расколимости, а упругость, наоборотъ, способствуетъ; топоръ при поперечномъ разрубаніи дерева перерѣзаетъ поперекъ волокна, тогда какъ при ударѣ въ торецъ дѣйствіе его заключается въ раскалываніи, а отчасти въ продольномъ разрѣзаніи волоконъ; пила, рашпиль и напильникъ дѣйствуютъ разрѣзаніемъ и разрывомъ волоконъ, ножъ и стругъ—разрѣзаніемъ, причемъ большія различія наблюдаются еще въ зависимости отъ того, производится ли обработка поперекъ или вдоль воловъ.

Далѣе, при сужденіи о твердости древесины должны быть приняты еще во вниманіе способъ примѣненія обрабатывающихъ орудій, т. е. дѣйствуютъ ли они ударомъ, толчкомъ, рѣзаніемъ или другимъ какимъ образомъ; наконецъ, имѣетъ значеніе также и скорость, съ какой движется данный инструментъ.

Нердлингеръ, старый маэстро лѣсной технологін, считаетъ даже невозможнымъ опредѣленіе абсолютной твердости древесины и даетъ только относительную твердость въ примѣненіи къ различнымъ инструментамъ, да и эту послѣднюю онъ характеризуетъ только качественно: очень твердая, твердая, мягкая и т. д.

Стремясь ближе подойти къ вопросу о томъ, какъ выразить твердость въ точныхъ числовыхъ величинахъ, мы должны прежде

\*) Centralblatt für des gesammte Forstwesen.

всего эмансипироваться от предубѣжденія, что твердость должна относиться къ какому-нибудь древообрабатывающему инструменту и исходить изъ общаго опредѣленія, твердости представляющаго эту послѣднюю какъ сопротивленіе древесины проникновенію въ нее посторонняго твердаго тѣла. Что касается формы этого послѣдняго, то Янка заимствовалъ ее у шведскаго инженера Бриннеля, предложившаго новый способъ испытанія твердости главнымъ образомъ металловъ при помощи вдавливанія стального шарика въ гладкую поверхность испытываемаго образца. Въ указанный способъ Янка внесъ нѣкоторыя измѣненія, сдѣлавъ его болѣе примѣнимымъ къ дереву. Въмѣсто шарика онъ предложилъ вдавливать въ дерево полусферу съ наибольшимъ сѣченіемъ въ 1 ст., что соотвѣтствуетъ діаметру въ 11.284 миллиметра; полушаріе это находится на нижнемъ основаніи цилиндра двигающагося, внутри другого, полаго направляющаго цилиндра.

Испытуемый образецъ древесины помѣщается на нижнюю пластину прессы, на гладко оструганную поверхность его помѣщается приборъ, затѣмъ подкачкой масла подъ поршень поднимаютъ платформу до соприкосновенія верхняго основанія цилиндра съ верхней плитой прессы и начинаютъ испытаніе, во время котораго давленіе медленно и постепенно увеличивается до тѣхъ поръ пока вся полусфера не будетъ вдавлена; этотъ послѣдній моментъ улавливается слѣдующимъ образомъ.

Когда вся полусфера войдетъ въ дерево давленіе сразу падаетъ, и стрѣлка монетра немного отходитъ назадъ; происходитъ это странное, съ перваго взгляда, явленіе оттого что нижнее основаніе цилиндра несмотря на большую площадь, встрѣчаетъ первый моментъ очень слабое сопротивленіе пока не произошло обмятія волоконъ на поверхности дерева; но какъ только это наступило давленіе начинаетъ очень быстро возрастать и стрѣлка дѣлаетъ рѣзкій скачекъ впередъ. По описаннымъ движеніямъ стрѣлки моментъ окончанія испытанія можно опредѣлить довольно точно.

Такъ какъ площадь образуемаго полусферой вдавленія составляетъ 1 стм., то показанное монетромъ наибольшее давленіе будетъ безъ всякихъ перечисленій выражать коэффициентъ твердости, отнесенный къ принятой вообще при механическихъ испытаніяхъ единицѣ площади.

Описанный методъ испытанія твердости не соотвѣтствуетъ.

работѣ ни одного изъ древообрабатывающихъ инструментовъ, ибо при немъ не происходитъ ни разрѣзанія, ни разрыва, ни раскалыванія древесныхъ волоконъ, а наблюдается только смятіе ихъ и вдавливаніе во всѣ окружающія полусферу пустоты въ тканяхъ; но это, именно составляетъ большое преимущество метода Янка, ибо имъ опредѣляется, такъ сказать, „нейтральный видъ твердости“, отвѣчающій общему представленію объ этомъ свойствѣ древесины.

Интересная попытка числового выраженія твердости древесины сдѣлана была проф. Бюсеномъ. Названный ученый опредѣлялъ твердость величиною груза, подъ давленіемъ котораго игла входила въ древесину на глубину 2 mm. Но такой способъ изслѣдованія твердости не нашелъ большого примѣненія въ широкой лабораторной практикѣ. Дѣло въ томъ, что коэффициентъ твердости, получающійся по способу Бюсена, будетъ чрезвычайно сильно варьировать въ зависимости отъ того, въ какое мѣсто сѣченія куска древесины попадетъ остріе иглы; если оно будетъ поставлено въ богатую сосудами пористую весеннюю зону годичнаго кольца—сопротивленіе окажется очень низкимъ; напротивъ въ осенней зонѣ, гдѣ преобладаютъ толстостѣнные съ малой внутренней полостью анатомическіе элементы, коэффициентъ твердости получится очень высокій. И какое бы большое число опредѣленій твердости мы не дѣлали, все равно среднія цифры не будутъ достаточно надежны.

Какъ велики могутъ быть различія въ величинѣ твердости, (опредѣленной съ помощью иглы), въ предѣлахъ одного годичнаго слоя, показываютъ слѣдующія цифры, полученные самимъ же Бюсеномъ:

Для ироникновенія иглы на глубину 2 mm въ поперечныя сѣченія куска дубовой древесины требовалась нагрузка:

въ зонѣ крупныхъ сосудовъ . . . . .	400 g.
въ группахъ мелкихъ сосудовъ. . . . .	1000 g.
въ группахъ волоконъ. . . . .	3000 g.
въ сердцевинныхъ лучахъ. . . . .	3000 g.

Для продольнаго сѣченія того же куска древесины получились слѣдующія цифры:

въ весенней зонѣ . . . . .	3000 g.
» осенней » . . . . .	отъ 4000 до 5000 g.

Приведенные данные интересны, между прочим, в том отношении, что позволяют до некоторой степени судить о механической роли различных элементов древесины, и в этом смысле метод Бюссена может иметь известное значение, хотя он и не дает общей характеристики древесины в отношении твердости.

Остановимся теперь на некоторых результатах исследований твердости древесины, произведенных по методу Приннея—Янка.

В числе условий, от которых зависит большая или меньшая твердость древесины, нужно прежде всего указать на влияние анатомического строения, от особенностей которого зависит факт, что твердость древесины неодинакова в различных плоскостях сечения: торцовой, радиальной и тангентальной. У большинства наших европейских древесных пород твердость в продольных сечениях оказывается ниже, чем в торце, причем у хвойных разница составляет около 30%, а у лиственных 20%. Некоторые породы, произрастающие главным образом в теплое и жаркое климат, обнаруживают несколько иное соотношение твердостей в различных сечениях; так например, у обенового дерева, чернильного дуба падуба (*Hex aquifolium*), твердость продольная, по крайней мере, в тангентальном сечении, оказывается выше, чем торцовая.

Интересно отметить здесь, что Бюссен своим методом получил совершенно обратные результаты; а именно, у него оказалась продольная твердость почти без исключения выше, чем торцовая, что и понятно, так как в торце игла легко попадает в полости крупных сосудов и другие пустоты, между тем, как в долевых сечениях даже в пористой весенней зоне игла должна преодолевать сопротивление боковых стенок сосудов, не говоря уже о плотной механической ткани осенней зоны. Уже этот вывод, стоящий в полном противоречии со сложившимися в практике представлениями о твердости древесины по различным направлениям, показывает, что метод Бюссена может иметь только ограниченное применение.

Ширина годичного слоя не стоит в определенном отношении с твердостью древесины \*), но зато участие осенней зоны

\*) К вопросу о том, как отражается ширина годичного слоя на других механических свойствах древесины я предполагаю еще вернуться в одном из следующих очерков.

въ общей площади сѣченія годичнаго кольца отражается довольно ясно на величинѣ твердости. При изслѣдованіи этого частнаго вопроса Янка пользовался методомъ нѣсколько отличнымъ отъ того, который былъ описанъ выше. Въ торцовую поверхность призмы съ квадратнымъ поперечнымъ сѣченіемъ вдавливался въ девяти симметрично расположенныхъ мѣстахъ штампъ съ квадратнымъ же сѣченіемъ площадью 10 см<sup>2</sup>. Хотя полученные такимъ способомъ цифры и не отвѣчаютъ вполне результатамъ испытаній при помощи вдавливанія полусферы, однако, для сопоставленія между собою они вполне пригодны. Изслѣдованію подверглись ель, веймутова сосна и лиственница, причемъ каждой породы было взято три отрубка. Здѣсь я приведу данныя только для одного отрубка № 14 каждой изъ трехъ породъ:

№ мѣста вдавленія штампа.	1 Е Л Ъ.		2 Сосна Веймутова.		3 Лиственница.	
	Осенняя древесина въ % отъ шир. годичнаго кольца.	Твердость въ kg/cm.	Осенняя древесина въ % отъ шир. годичнаго кольца.	Твердость въ kg/cm.	Осенняя древесина въ % отъ шир. годичнаго кольца.	Твердость въ kg/cm.
1	16.4	382	33.6	482	31.5	593
2	8.9	344	26.4	449	30.9	524
3	4.8	334	30.2	469	22.8	502
4	8.0	329	24.9	441	32.5	510
5	7.2	327	16.0	430	37.5	503
6	4.4	335	13.0	397	33.6	506
7	6.7	332	27.0	474	28.8	492
8	5.6	305	16.5	414	27.7	492
9	2.2	319	11.8	390	21.5	451

Связь между твердостью древесины и шириной осенней зоны годичнаго кольца особенно ясно обнаруживается въ данныхъ для веймутовой сосны. Определенно выступаетъ эта связь также и для лиственныхъ породъ.

Ядровая древесина оказывается тверже заболонной у тѣхъ лиственныхъ породъ, у которыхъ образование ядра сопровождается потемнѣніемъ и окрашиваніемъ древесины. Напротивъ, образование ядра у нѣкоторыхъ хвойныхъ породъ (веймутовой и черной сосны), вызываемое главнымъ образомъ усиленнымъ отложеніемъ смолы сопровождается уменьшеніемъ твердости.

Вліяніе удѣльнаго вѣса должно сказываться на величинѣ твердости, ибо чѣмъ меньше въ данной древесинѣ пустотъ, а слѣдовательно, чѣмъ больше плотной древесинной массы, тѣмъ сильнѣе она будетъ оказывать сопротивленіе прониканію въ нее посторонняго тѣла.

Само собою разумѣется, что если увеличеніе удѣльнаго вѣса происходитъ не за счетъ массы клѣточныхъ стѣнокъ, а вызывается увеличеніемъ содержанія воды въ древесинѣ, то оно не только не сопровождается повышеніемъ твердости, а напротивъ, влечетъ за собою даже уменьшеніе этой послѣдней. Въ изслѣдованіяхъ Янка связь между удѣльнымъ вѣсомъ и твердостью древесины обнаружилась очень ясно.

Такъ напримѣръ, для ели онъ получилъ слѣдующіе коэффиціенты твердости воздушно-сухой древесины въ зависимости отъ величины удѣльнаго вѣса:

Удѣльный вѣсъ въ воздушно-сухомъ состояніи, умноженный на 100. . . .	33.2	33.7	35.9	41.1	41.4	41.9	43.7	45.8	4	2	54.4
Твердость торцовая	208	184	252	257	271	264	276	371	301	425	

Несмотря на неизбѣжныя отступленія, все же, ясно видно, что съ возрастаніемъ удѣльнаго вѣса увеличивается также и твердость.

Если сопоставлять удѣльный вѣсъ и твердость у различныхъ породъ, то здѣсь можно встрѣтить отдѣльныя довольно рѣзкія отступленія отъ указанной законсообразности. Однако, просматривая данныя для довольно длиннаго ряда породъ, изслѣдованныхъ Янка, нельзя не замѣтить, что породы обладающія древесиной съ наибольшимъ удѣльнымъ вѣсомъ, обнаруживаютъ и наивысшую твердость.

Вліяніе влажности на твердость древесины выражается въ томъ, что съ уменьшеніемъ содержанія воды твердость повышается. Древесина съ очень высокимъ содержаніемъ воды (за предѣлами насыщенія клѣточныхъ стѣнокъ), обладаетъ нерѣдко вдвое мень-

шей твердостью, чѣмъ воздушно- и комнатно-сухая древесина. При этомъ у хвойныхъ породъ вліяніе влажности сказывается болѣе рѣзко, чѣмъ у лиственныхъ.

Въ то время, какъ въ коэффициентахъ 'крѣпости при сжатіи замѣчается непрерывное нарастаніе съ уменьшеніемъ влажности до 0%, причемъ особенно сильное увеличеніе происходитъ именно въ интервалѣ воздушно-абсолютно сухое состояніе, по отношенію къ твердости, Янка обнаружилъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ даже уменьшеніе коэффициентовъ при переходѣ отъ воздушно - сухого къ комнатно-и абсолютно-сухому состоянію.

Это чрезвычайно странное съ перваго взгляда обстоятельство можетъ быть объяснено тѣмъ, что при сильномъ высушиваніи древесины происходитъ уменьшеніе боковой связи между волокнами и повышеніе расколимости, доходящее до того, что многіе образцы, подвергавшіеся испытанію на твердость въ абсолютно - сухомъ состояніи, раскалывались прежде чѣмъ вся полусфера успѣвала вдавиться въ древесину. Нужно замѣтить, что фактъ уменьшенія твердости за предѣлами комнатно-сухого состоянія былъ подмѣченъ еще въ концѣ восемнадцатаго столѣтія Дюгамелемъ-дю-Монсо, который рекомендовалъ при употребленіи древесины въ дѣло не слишкомъ ее пересушивать. Но зная теперь, какъ отражается влажность древесины на другихъ, помимо твердости, механическихъ свойствахъ древесины, мы можемъ принимать совѣтъ названнаго изслѣдователя только съ извѣстными ограниченіями и оговорками.

Весьма интересны изслѣдованія Янка, относящіяся къ вопросу объ односторонней твердослойности или крени. Какъ извѣстно при нѣкоторыхъ условіяхъ, а главнымъ образомъ подъ вліяніемъ вѣтра, продолжительное время, или постоянно дующаго въ одномъ и томъ же направленіи, древесный стволъ становится эксцентричнымъ, т. е. сердцевинная трубка перемѣщается изъ центра ствола къ периферіи, причемъ на одной сторонѣ (обращенной къ вѣтру) годовичные слои оказываются болѣе узкими, чѣмъ на противоположной сторонѣ. Деврубы давно уже подмѣтили, что на той сторонѣ, гдѣ слои имѣютъ большую ширину, древесина оказывается тверже. Однако, произведенныя Шваппахомъ изслѣдованія крѣпости древесины при сжатіи, казалось, не подтвердили этого наблюденія практиковъ. Шваппахъ нашелъ, что у эксцентричныхъ стволовъ узкослойная древесина обладаетъ болѣе высокими коэффициентами сопротивленія сжатію, чѣмъ широкослойная. Но про-

изведенныя Янка опредѣленія твердости показали, что эта послѣдняя выше на той сторонѣ ствола, гдѣ годовые слои имѣютъ большую ширину; что же касается сопротивленія сжатію, то въ работѣ Янка мы находимъ полное подтвержденіе вывода Шванпаха, что показываютъ данныя, произведенныя въ слѣдующей табличкѣ:

П о р о д а.	Крѣпость при сжатіи въ kg/cm <sup>2</sup> .	Твердость.
Твердая (широкослойная сторона).		
Ель . . . . .	415	328
Лиственница. . . . .	514	502
Пихта . . . . .	412	435
Мягкая (узкослойная сторона).		
Ель . . . . .	474	274
Лиственница. . . . .	568	346
Пихта . . . . .	426	389

Какъ видимъ, у всѣхъ трехъ породъ крѣпость на узкослойной сторонѣ оказывается выше, а твердость, наоборотъ, значительно ниже, чѣмъ на широкослойной.

Произведя опредѣленія твердости, Янка попутно изслѣдовалъ на тѣхъ же образцахъ и другія механическія свойства древесины, причемъ обнаружилъ въ измѣненіяхъ различныхъ механическихъ коэффициентовъ извѣстный параллелизмъ. Особенно интересны въ этомъ отношеніи приведенныя въ слѣдующей табличкѣ данныя для ели: (см. табл. стр. 946).

За нѣкоторыми весьма незначительными отклоненіями, всѣ образцы древесины расположенные въ рядъ по возрастающей величинѣ удѣльнаго вѣса, идутъ другъ за другомъ и въ отношеніи крѣпости и упругости, какъ при изломѣ, такъ и при сжатіи, а равно и твердости одинаковой послѣдовательности, т. е. параллелизмъ во всѣхъ рядахъ цифръ обнаруживается несомнѣнно.

Отсюда Янка дѣлаетъ довольно заманчивое предположеніе: нельзя-ли при изслѣдованіи техническихъ свойствъ древесины ограничиться только опредѣленіемъ коэффициентовъ твердости, и по ниѣ судить о другихъ механическихъ свойствахъ древесины. Такимъ способомъ можно было бы чрезвычайно облегчить задачу изслѣдованія механическихъ свойствъ древесины, ибо опредѣленія твердости весьма простыя по технике и требуютъ очень небольшой затраты времени; къ тому же ихъ можно производить на самыхъ



№№ пробы	Происхождение.	Ширина годичного слоя. mm	Удельный весъ.		Крѣпость и упругость при изгибѣ.			Крѣпость и упругость при сжатіи.				Твердость. kg/cm <sup>2</sup>
			Въ абсолют-но-сухомъ состояніи.	Въ воздуш-но-сухомъ состояніи.	Модуль упругости.	Крѣпость при изгибѣ.	Работа деформац. при изломѣ.	Укороч. на 1 въ предѣлахъ упруг.	Модуль упругости	Крѣпость при сжатіи		
										Въ воздуш-но-сухомъ состояніи.	Въ абсолют-но-сухомъ состояніи.	
			Умножен-ный на 100	t/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	t/cm <sup>2</sup>	m	t/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	
	Карпаты . . . . .	3.70	31.4	34.7	87.1	487	2.97	0.0192	94.5	309	523	168
	» . . . . .	2.33	33.6	36.4	93.4	543	6.03	0.0138	95.5	332	579	197
	» . . . . .	3.17	35.6	39.4	102.2	570	4.15	0.0176	112.2	336	629	213
	» . . . . .	1.61	37.7	40.7	124.4	595	3.25	0.0199	120.4	403	709	206
	» . . . . .	3.41	39.9	42.5	117.5	664	7.51	0.0140	128.6	406	738	237
	Центральные Альпы . . . . .	1.54	41.1	44.2	121.9	742	9.80	0.0161	140.8	418	773	247
	Богемскій Лѣсъ . . . . .	2.10	44.6	47.3	138.4	781	6.64	0.0130	146.7	484	861	311
	» . . . . .	1.27	47.7	50.4	141.8	835	10.71	0.0135	167.3	534	957	324
	Рудные Горы . . . . .	1.01	51.2	53.5	150.3	871	12.16	0.0168	171.4	573	1053	341

маленьких и слабосильных прессахъ благодаря чему механическія испытанія стали бы доступны не только дорого оборудованнымъ лабораторіямъ, но и всевозможнымъ даже мелкимъ лѣсопромышленнымъ предпріятіямъ и отдѣльнымъ лицамъ.

Но какъ бы ни были широки перспективы, открывающіяся за такимъ выводомъ, все же, нужно признать его недостаточно обоснованнымъ. Уже приведенные выше результаты изслѣдованія крени показываютъ, что не всегда крѣпость при сжатіи и твердость идутъ параллельно даже у хвойныхъ породъ, отличающихся правильностью и однородностью своего анатомическаго строенія. Если же мы обратимся къ лиственнымъ породамъ, обладающимъ гораздо болѣе сложнымъ строеніемъ древесины, то должны ожидать еще болѣе рѣзкихъ отступленій. Слѣдующія цифры, относящіяся къ дубовой древесинѣ изъ Шипова лѣса, показываютъ, насколько велико можетъ быть несоотвѣтствіе между коэффиціентами твердости и крѣпости при сжатіи у этой породы:

	Крѣпость при сжатіи въ kg/cm <sup>2</sup> .	Твердость въ торцовой плоскости въ kg/cm <sup>2</sup> .
Дубъ съ III бонитота лѣснаго суглинка.	740	680
	777	760
	773	780
	730	680
Дубъ съ солонцеватаго суглинка.	615	700
	609	800
	638	900

Въ то время, какъ крѣпость при сжатіи у дуба съ солонцеватаго суглинка оказывается ниже, чѣмъ у дуба съ лѣснаго суглинка, твердость, наоборотъ, у этого послѣдняго выражается значительно болѣе низкими коэффиціентами.

Такимъ образомъ, едва ли можно замѣнить всѣ механическія испытанія опредѣленіемъ твердости древесины. Но принимая во вниманіе, что въ отдѣльныхъ случаяхъ наблюдается несомнѣнный параллелизмъ между твердостью, крѣпостью и упругостью древесины, возможно при широкой организаціи лабораторныхъ изслѣдованій ограничиваться иногда испытаніями твердости, если только предварительными пробами будетъ установлено, что для извѣстной категоріи древесинъ наблюдается полное соотвѣтствіе между твердостью и другими механическими свойствами.

## IV. Очерки по вопросу о технических свойствах древесины.

(Продолженіе \*)

### IV. Вліяніе влажности на удѣльный вѣсъ и крѣпость древесины при сжатіи.

Въ свѣжесрубленномъ состояніи древесина содержитъ въ своемъ составѣ воды 40—50% по объему\*\*). Подъ вліяніемъ естественной сушки количество воды въ древесинѣ уменьшается до извѣстнаго предѣла, соответствующаго содержанию влаги въ воздухѣ, причемъ въ практикѣ различаютъ слѣдующія двѣ важнѣйшія степени влажности древесины: воздушно-сухое состояніе (около 15% воды), когда дерево хранится подъ крышей, но подвержено непосредственному вліянію атмосфернаго воздуха, и комнатно-сухое состояніе (8—12%), когда дерево находится продолжительное время въ отапливаемомъ помѣщеніи. Искусственной сушкой можно довести древесину до абсолютно-сухого состоянія (0% гигроскопической влаги); однако, при соприкосновеніи съ комнатнымъ или атмосфернымъ воздухомъ такая древесина очень быстро поглощаетъ влагу и приходитъ къ комнатно или воздушно-сухому состоянію.

Такимъ образомъ, содержание воды въ древесинѣ представляетъ колеблющуюся величину въ зависимости отъ окружающей среды. Возникаетъ вопросъ, какъ отражаются различія во влажности древесины на ея удѣльномъ вѣсѣ и механическихъ свойствахъ?

Для выясненія вліянія влажности на крѣпость древесины при сжатіи мною были произведены слѣдующіе опыты. Были взяты четыре дубовыхъ бруска длиною около  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  метра. Всѣ эти бруски были тщательно выстроганы подъ угольникъ, причемъ поперечному сѣченію придана была приблизительно квадратная форма. Изъ каждаго бруска было выпилено по нѣсколько (до 12-ти) призмъ для опредѣленія крѣпости при сжатіи. Одна призма каждой изъ четырехъ полученныхъ серій подвергалась сжатію въ абсолютно-сухомъ состояніи, а остальные—при различныхъ степеняхъ влажности. Такъ какъ длинные бруски были заготовлены изъ комнатно-сухой древесины, то-есть, содержали влаги 10—12%, то для полученія другихъ градаций влажности часть призмъ пришлось подвергнуть искусственной сушкѣ, а часть—вымачиванію въ водѣ.

\*) См. Л. Ж. 1913. к. VI. \*\*) Gayr Forstbenutzung. Achte Auflage

Во время сушки призмы подвергались периодическому взвешиванию на химических весах и по потерям веса их выводилось заключение о той степени влажности, до которой они были доведены. Намачивание дерева в воде продолжалось до тех пор, пока разрывы, произведенные на контрольных призмах, не обнаруживали, что намачивание произошло равномерно до самых центральных частей исследуемых образцов.

Для достижения большей равномерности в распределении влаги, а также для получения дальнейших градаций влажности образцы древесины подвергались после вымачивания в воде медленной сушке больше или меньше продолжительное время. Изменение веса призм и в данном случае служило придержкой для суждения о том, на сколько увеличилось в каждом образце содержание влаги сравнительно в первоначальном комнатно-сухом состоянии.

Результаты испытаний на сжатие всех заготовленных призм показаны в следующих четырех табличках, из которых каждая заключает данные, относящиеся к образцам, заготовленным из одного длинного бруска.

### Влияние влажности древесины на крепость при сжатии.

Таблица № 1 Дубь из Казанских Дубрав с темно-серого суглинка.

№ призмы.	% влажности.	Коэффициент прочности при сжатии в кг/см <sup>2</sup> .
1	0.0	1003
2	1.8	898
3	4.3	819
4	5.9	709
5	7.1	694
6	9.3	601
7	11.5	520
8	15.2	405
9	18.2	360
10	24.8	313
11	33.7	297
12	49.8	273

Таблица № 2 Дубь из Шиновальса Воронежской губ. с лесостепного суглинка.

№ призмы.	% влажности.	Коэффициент прочности при сжатии в кг/см <sup>2</sup> .
1	0.0	960
2	5.0	762
3	9.0	659
4	11.2	517
5	14.7	471
6	21.1	352
7	22.0	330
8	29.7	321
9	39.3	307

Таблица № 3 Дубъ изъ Буда-Козельской дачи Могилевской губ.

№№ призмъ.	% влаж-ности.	Кoeffи-циентъ крѣ-пости при сжатіи въ кг/см <sup>2</sup> .
1	0.0	904
2	2.0	745
3	4.4	706
4	6.3	621
5	11.2	535

Таблица № 4 Дубъ изъ Гульскихъ Засѣкл.

№№ призмъ.	% влаж-ности.	Кoeffи-циентъ крѣ-пости при сжатіи въ кг/см <sup>2</sup> .
1	3.9	677
2	5.4	656
3	7.7	577
4	9.8	509
5	11.9	479
6	16.5	360
7	19.5	311
8	21.0	291
9	25.1	277
10	44.5	249

Достаточно бѣлаго взгляда на приведенныя таблицы, чтобы увидѣть, насколько сильно отражаются на крѣпости древесины различія въ содержаніи влаги.

Такъ у образца дуба изъ Казанскихъ Дубравъ измѣненіе влажности отъ абсолютно-сухого (0.0%) до комнатно-сухого состоянія (11,5%) сопровождается уменьшеніемъ коэффиціента крѣпости при сжатіи почти вдвое.

Не менѣе рѣзкое вліяніе влажности обнаружилъ Баушингеръ \*) въ своихъ изслѣдованіяхъ надъ сосной, какъ показываютъ слѣдующія нѣсколько цифръ взятыхъ изъ его работы:

№№ призмъ.	I		II		III	
	Влажность %/о.	Спротиво-леніе сжатію въ атмосф. рахъ.	Влажность %/о.	Спротиво-леніе сжатію въ атмосф. рахъ.	Влажность %/о.	Спротиво-леніе сжатію въ атмосф. рахъ.
I	22.7	129	14.4	260	8.0	434
II	42.5	222	14.2	415	8.2	702
III	30.5	226	14.1	400	8.0	719
IV	37.7	189	14.0	372	8.3	694
V	38.8	195	14.8	375	8.4	652

\*) I. Bauschinger. Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit verschiedener Nadelhölzer (Mitte. aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. Technischen Hochschule in München 1887).

Въ приведенной табличкѣ образцы древесины идентичны во всѣхъ отношеніяхъ (по скольку, конечно, идентичность достижима въ такомъ непостоянномъ въ своихъ свойствахъ матеріалѣ, какъ древесина) и различающіеся только по содержанію влаги, обозначены однимъ номеромъ (римской цифрой). При сопоставленіи цифръ мы видимъ, что уменьшеніе влажности всего на 6% (образцы подъ № IV) влечетъ за собою увеличеніе крѣпости при сжатіи почти вдвое.

Для иллюстраціи того, какъ сильно отражаются колебанія во влажности на крѣпости при сжатіи другой хвойной породы ели, приводятся здѣсь данныя изъ работъ Мариабрунской лѣсной опытной станціи:

Влаж- ность %/о.	Сопрово- женіе сжатію въ kg/cm <sup>2</sup> .
28.7	204
20.0	335
11.4	493
9.7	492
3.6	599
0.0	621

Всѣхъ приведенныхъ выше данныхъ достаточно для того, чтобы показать, насколько необходимо съ лабораторныя механическія испытанія древесины сопровождать опредѣленіемъ влажности изслѣдуемыхъ образцовъ. И если нѣкоторыя изъ старыхъ работъ по техническимъ свойствамъ древесины грѣшатъ въ этомъ отношеніи, ограничиваясь въ указаніяхъ влажности лаконическимъ выраженіемъ: «древесина воздушно-сухая», то во всѣхъ новѣйшихъ изслѣдованіяхъ точное опредѣленіе процента влажности признается безусловно необходимымъ.

Прослѣдимъ теперь нѣсколько ближе ходъ измѣненій крѣпости при сжатіи въ зависимости отъ влажности по приведеннымъ выше даннымъ таблицъ №№ 1—4, относящимся къ дубу. Начиная отъ абсолютно-сухого состоянія съ увеличеніемъ содержанія влаги замѣчается очень сильное паденіе крѣпости до 17—20% влажности, послѣ чего вліяніе этого послѣдняго сказывается весьма слабо; такъ, у образцовъ дуба изъ Казанскихъ Дубравъ увеличеніе содержанія воды съ 24,8% до 49,8 % то есть, болѣе чѣмъ вдвое, влечетъ за собою уменьшеніе крѣпости всего съ 313 до 273 kg/cm<sup>2</sup>:

у дуба изъ Тульскихъ Засѣкъ возрастаніе влажности съ 19,5 до 44,5% сопровождается паденіемъ коэффициентовъ крѣпости при сжатіи только на 62 kg/cm<sup>2</sup>.

Съ большей ясностью характеръ этихъ измѣненій можно прослѣдить на кривыхъ (графики №№ 1 и 2-й), вычерченныхъ такимъ образомъ, что за абсциссы были приняты возрастающіе проценты влажности, а за ординаты—соотвѣтствующіе имъ коэффициенты крѣпости при сжатіи (R).

Въ ходѣ кривыхъ ясно замѣчаются слѣдующія характерныя черты. Начиная отъ нулевой абсциссы до 17% влажности измѣненіе крѣпости происходитъ по прямой линіи, образующей довольно большой уголъ съ осью абсциссъ, послѣ чего кривая дѣлаетъ крутой изгибъ и дальше идетъ почти параллельно съ абсциссой.

Найденная зависимость между влажностью древесины и крѣпостью при сжатіи позволяетъ легко опредѣлить эту послѣднюю для любого процента влажности въ предѣлахъ отъ 0 до 17%, (гдѣ измѣненіе R происходитъ по прямой линіи), если только извѣстны коэффициенты, соотвѣтствующіе хотя бы двумъ степенямъ влажности; нанеся на оси абсциссъ данные проценты влажности а по оси ординатъ, коэффициенты крѣпости при сжатіи обоихъ изслѣдованныхъ образцовъ, получаемъ двѣ точки; соединивъ ихъ прямою линіею, мы можемъ затѣмъ по любой заданной влажности (абсциссъ) найти графически соотвѣтствующую ей крѣпость (ординату).

Но не всегда является необходимостью въ испытаніяхъ каждаго даннаго образца древесины при двухъ степеняхъ влажности при сравнительно однородномъ матеріалѣ, напримѣръ при изслѣдованіи древесины одной породы и одной области роста или даже одного лѣсного массива, колебанія угла наклона кривой измѣненія R къ оси абсциссъ происходятъ въ довольно узкихъ предѣлахъ, а въ такомъ случаѣ можно вычислить средній тангенсъ этого угла, который, какъ извѣстно, равняется коэффициенту  $a$  въ уравненіи прямой линіи  $y = ax + b$ .

Найдя  $a$ , легко будетъ затѣмъ опредѣлить и  $b$ . Такимъ способомъ выведены уравненія, выражающія зависимость крѣпости при сжатіи для различныхъ породъ и главнымъ образомъ для ели и сосны. Значеніе постоянныхъ  $a$  и  $b$  въ формулахъ, даваемыхъ различными изслѣдованіями даже для одной и той же породы варьируютъ очень сильно, что нужно приписать вліянію области роста, почвенно-грунтовыхъ условій и другихъ факторовъ роста дерева.

Для того, чтобы по коэффициенту крепости данной влажности, найти коэффициент при всякой другой влажности, можно и не составлять уравнения, а вычислить только среднюю поправку на 1% разницы во влажности и затѣм вводить эту поправку съ знаком  $+$  или  $-$  въ полученный механическимъ испытаніемъ коэффициентъ крепости.

Для цѣлей практики вычисленіе какъ по формуламъ, такъ и при помощи среднихъ поправокъ на 1% разницы во влажности представляется мало удобнымъ. Выводъ математической зависимости между различными элементами, изъ которыхъ слагается механическая характеристика древесины, точно также, какъ выясненіе условий, при которыхъ происходитъ видоизмѣненіе зависимости, представляя высокій теоретическій интересъ, тѣмъ не менѣе, для широкаго круга дѣятелей лѣсной промышленности большого значенія имѣть не можетъ. Сознывая это, Янка въ своемъ послѣднемъ (третьемъ) выпускѣ громадной уже неоднократно цитированной выше работы: «*Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der oesterreichischen Baumholzer*» становится, на ровный путь. Если въ первыхъ частяхъ этой работы мы находимъ довольно дробное дѣленіе изслѣдованнаго района, на области роста, причѣмъ для каждой изъ этихъ послѣднихъ выводятся особыя формулы, выражающія соотношенія крепости удѣльнаго вѣса, влажности и другихъ элементовъ, то въ третьемъ выпускѣ Янка дѣлаетъ уже попытку широкихъ обобщеній. Отрѣшившись отъ тѣхъ частныхъ различій, какія замѣчаются въ свойствахъ еловой древесины по отдѣльнымъ областямъ роста, онъ составляетъ сводную таблицу, въ которой по даннымъ всѣхъ изслѣдованныхъ образцовъ выведенъ средній удѣльный вѣсъ и крепость при сжатіи соответствующіе той или иной степени влажности.

Данныя въ таблицѣ сгруппированы слѣдующимъ образомъ. Въ основу дѣленія ихъ на группы положены различія въ удѣльномъ вѣсѣ абсолютно сухой древесины, величины котораго показаны сверху вертикальныхъ графъ. Для каждой ступени абсолютно—сухого удѣльнаго вѣса показаны въ горизонтальныхъ строкахъ удѣльный вѣсъ и крепость при сжатіи (параллельно волокнамъ) для ступеней влажности черезъ каждые 5%—10%. Такой способъ группировки цифръ основывается на существованіи тѣсной зависимости между удѣльнымъ вѣсомъ и крепостью древесины при сжатіи, о чемъ говорилось уже въ первомъ очеркѣ.

«Удѣльный вѣсъ и крепость еловой древесины при различ



номъ содержаніи влаги и различномъ удѣльномъ вѣсѣ въ абсолютно сухомъ состояніи».

По поводу приведенной таблицы нужно сдѣлать еще слѣдующія замѣчанія. Всѣ коэффициенты относятся къ безсучной древесинѣ, что нужно принимать во вниманіе при практическихъ расчетахъ. Присутствіе сучьевъ въ древесинѣ влечетъ за собою повышение удѣльнаго вѣса и, наоборотъ, замѣтное пониженіе крѣпости. Но точному учету влияніе сучьевъ, конечно, не поддается, такъ какъ количество сучьевъ, ихъ распредѣленіе въ древесинѣ и характеръ строенія чрезвычайно сильно варьируетъ. Сама по себѣ древесина здоровыхъ сучьевъ имѣетъ даже бѣльшую крѣпость, чѣмъ стволовая; но вслѣдствіе нарушенія правильности строенія присутствіе сучьевъ въ древесинѣ ствола влечетъ за собою пониженіе крѣпости этой послѣдней.

Интересно отмѣтить здѣсь, что вросшіе вполне здоровые сучья благодаря тѣсному срастанію ткани ихъ съ окружающей тѣнью древесины, иногда не только не понижаютъ крѣпости, а, наоборотъ даже увеличиваютъ ее. Янка принимаетъ, что въ очень большомъ среднемъ присутствіе сучьевъ увеличиваетъ удѣльный вѣсъ еловой древесины на 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> и приблизительно на такую же величину понижаетъ ее крѣпость при сжатіи.

Необходимо еще сдѣлать оговорку относительно формы образцовъ древесины, на которыхъ производилось опредѣленіе коэффициентовъ крѣпости при сжатіи. Всѣ помѣщенные въ таблицѣ данныя получены изъ результатовъ механическаго испытанія пластинокъ толщиною 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> сантиметра. При такой формѣ коэффициенты получаются нѣсколько большіе, чѣмъ при испытаніи крѣпости на призматическихъ болѣе или менѣе длинныхъ брускахъ. Такъ, въ сравненіи съ призмами высотой 50 сантиметровъ пластинки толщиною 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> см. даютъ преувеличеніе крѣпости приблизительно на 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Заготовка образцовъ въ формѣ пластинокъ хотя влечетъ за собою полученіе механическихъ коэффициентовъ не вполне отвѣчающихъ обычнымъ условіямъ примѣненія дерева для подѣлочныхъ и строительныхъ цѣлей, тѣмъ не менѣе, представляетъ большія преимущества въ томъ отношеніи, что позволяетъ получить болѣе однородный и потому пригодный для всякихъ сопоставленій и выводовъ матеріалъ. Въ тонкой пластинкѣ легко обнаружить присутствіе сучьевъ, а потому и легко избѣгнуть случайныхъ результатовъ вызываемыхъ наличиемъ этихъ послѣднихъ. Наоборотъ, въ болѣе или менѣе круглыхъ призмахъ сучья, а также и другіе

**Удельный вѣсъ и крѣпость при сжатіи еловой древесины при различномъ содержаніи влаги и различномъ удѣльномъ вѣсѣ въ абсолютно-сухомъ состояніи.**

Содержаніе влаги.		При данной влажности еловая древесина слѣдующаго удѣльнаго вѣса въ абсолютно-сухомъ состояніи:																																																
		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54				
		Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи	Удельный вѣсъ	Крѣпость при сжатіи					
%	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100	Умн. на 100		
0	32.0	520	33.0	542	34.0	565	35.0	587	36.0	610	37.0	632	38.0	655	39.0	677	40.0	700	41.0	722	42.0	745	43.0	767	44.0	790	45.0	812	46.0	835	47.0	857	48.0	880	49.0	902	50.0	925	51.0	947	52.0	970	53.0	992	54.0	1015				
5	32.9	446	33.9	464	34.9	483	36.0	501	37.0	519	38.0	537	39.0	556	40.0	574	41.0	593	42.0	612	43.0	630	44.0	648	45.0	667	46.0	685	47.1	704	48.1	723	49.1	742	50.1	761	51.1	780	52.1	798	53.1	816	54.1	834	55.1	852				
10	33.9	372	34.9	386	35.9	401	37.0	415	38.0	430	39.0	444	40.0	458	41.0	472	42.0	487	43.0	501	44.1	516	45.1	530	46.1	545	47.1	559	48.1	574	49.1	588	50.1	603	51.1	618	52.1	633	53.1	647	54.1	662	55.2	676	56.2	691				
15	34.8	298	35.8	308	36.9	319	37.9	330	38.9	340	40.0	350	41.0	360	42.0	370	43.0	381	44.0	391	45.1	402	46.1	412	47.1	423	48.1	433	49.2	444	50.2	454	51.2	465	52.2	476	53.2	487	54.2	497	55.2	508	56.3	518	57.3	529				
20	35.8	239	36.9	266	38.0	251	39.0	261	40.0	268	41.0	275	42.0	283	43.1	291	44.1	300	45.1	307	46.1	314	47.2	322	48.2	331	49.2	340	50.2	348	51.3	358	52.3	367	53.3	375	54.4	383	55.4	390	56.4	398	57.4	406	58.5	414				
25	37.0	206	38.1	212	39.2	218	40.2	225	41.2	232	42.2	238	43.2	245	44.2	252	45.3	259	46.4	265	47.4	272	48.5	278	49.6	285	50.6	292	51.7	300	52.7	307	53.8	314	54.8	321	55.9	328	57.0	334	58.1	341	59.1	347	60.1	353				
30	38.2	188	39.3	194	40.3	200	41.3	206	42.4	213	43.4	220	44.5	227	45.6	233	46.6	240	47.7	246	48.8	253	49.9	259	51.0	266	52.1	272	53.2	279	54.3	285	55.3	292	56.4	298	57.4	305	58.6	311	59.8	317	60.8	323	61.7	329				
35	39.5	181	40.6	167	41.6	193	42.7	199	43.8	205	44.9	211	46.0	218	47.1	224	48.2	231	49.3	237	50.4	244	51.5	250	52.6	257	53.7	263	54.9	270	56.0	276	57.0	282	58.1	288	59.2	294	60.4	300	61.6	307	62.7	312	63.7	318				
40	40.8	177	41.9	183	43.0	189	44.1	195	45.2	201	46.4	207	47.6	213	48.7	220	49.8	226	50.9	232	52.0	238	53.1	245	54.2	252	55.4	258	56.6	264	57.7	270	58.8	276	59.9	282	61.0	288	62.2	294	63.4	301	64.6	307	65.8	313				
45	42.3	174	43.4	179	44.6	185	45.7	191	46.8	197	48.0	203	49.2	210	50.3	216	51.5	222	52.6	228	53.8	233	55.0	240	56.1	247	57.3	253	58.5	260	59.6	266	60.7	272	61.8	278	63.0	284	64.3	290	65.6	295	66.8	301	68.0	307				
50	43.8	170	45.0	175	46.2	181	47.3	186	48.4	192	49.6	198	50.8	205	52.0	211	53.2	218	54.4	223	55.6	229	56.8	235	58.0	242	59.2	248	60.4	255	61.6	261	62.7	267	63.9	273	65.0	279	66.4	284	67.8	290	69.0	296	70.2	302				
60	46.8	164	48.0	170	49.3	175	50.4	181	51.6	187	52.8	193	54.1	199	55.4	205	56.7	211	57.9	217	59.2	223	60.5	229	61.8	235	63.0	241	64.2	247	65.5	253	66.8	259	68.0	265	69.3	271	70.7	276	72.2	282	73.5	288	74.9	293				
70	49.8	160	51.1	165	52.4	171	53.6	177	54.8	183	56.1	189	57.4	195	58.8	201	60.1	207	61.5	212	62.8	218	64.1	224	65.5	230	66.8	236	68.1	242	69.4	248	70.8	254	72.2	259	73.6	264	75.2	270	76.7	276	78.2	282	79.8	287				
80	52.8	157	54.2	162	55.6	167	56.8	173	58.0	180	59.4	186	60.8	192	62.3	198	63.7	204	65.0	210	66.4	215	67.8	221	69.2	227	70.6	232	72.0	238	73.4	244	74.9	250	76.4	255	78.0	260	79.6	266	81.2	273	82.8	278	84.4	283				
90	55.9	154	57.3	159	58.7	165	59.9	171	61.2	178	62.6	184	64.1	190	65.6	196	67.1	202	68.5	207	69.9	212	71.4	218	72.9	225	74.4	230	75.9	235	77.4	241	78.9	247	80.5	252	82.1	257	83.9	263	85.7	270	87.4	275	89.2	280				
100	58.9	152	60.3	158	61.8	164	63.1	170	64.5	176	66.0	182	67.5	189	69.0	194	70.5	200	72.0	205	73.5	211	75.0	217	76.6	223	78.1	228	79.7	234	81.3	240	83.0	246	84.7	250	86.4	255	88.1	261	90.1	268	92.1	273	94.0	278				
110	62.0	151	63.5	157	65.0	163	66.4	169	67.8	176	69.3	182	70.8	188	72.4	193	74.0	199	75.5	204	77.1	210	78.7	216	80.3	222	81.9	227	83.6	233	85.3	239	87.0	244	88.8	249	90.6	255	92.6	261	94.6	267	96.7	272	98.7	277				
120	65.0	150	66.5	156	68.1	163	69.5	169	71.0	175	72.5	181	74.1	188	75.8	193	77.5	199	79.0	204	80.6	210	82.3	216	84.0	222	85.7	227	87.4	232	89.2	238	91.1	243	93.0	248	94.9	254	97.0	260	99.1	266	101.3	271	103.5	277				
130	68.0	150	69.6	156	71.2	163	72.7	169	74.2	175	75.8	181	77.5	187	79.2	193	80.9	199	82.5	204	84.2	210	85.9	216	87.7	222	89.5	227	91.3	232	93.3	238	95.2	243	97.2	248	99.2	254	101.4	260	103.6	266	105.9	271	108.1	277				
140	71.0	150	72.7	156	74.4	163	75.9	169	77.5	175	79.2	181	80.8	187	82.6	193	84.4	199	86.1	204	87.8	210	89.6	215	91.4	221	93.3	226	95.2	232	97.3	238	99.3	243	101.4	248	103.5	254	105.7	259	108.0	265	110.5	271	113.0	277				
150	74.1	150	75.8	156	77.5	163	79.0	169	80.6	175	82.4	181	84.2	187	86.0	193	87.9	199	89.6	204	91.4	210	93.2	215	95.1	221	97.1	226	99.1	232	101.2	237	103.3	242	105.5	248	107.7	254	110.1	259	112.5	265	115.1	271	117.7	277				
160	77.1	150	78.8	156	80.6	163	82.2	169	83.9	175	85.7	181	87.5	187	89.4	193	91.3	199	93.1	204	95.0	210	96.9	215	98.8	221	100.6	226	102.9	232	105.1	237	107.4	242	109.7	247	112.0	253	114.5	259	117.0	265	—	—	—	—	—	—		
170	80.2	150	82.0	156	83.8	163	85.4	169	87.1	175	88.9	181	90.8	187	92.8	193	94.8	199	96.9	204	98.6	210	100.6	215	102.5	221	104.6	226	106.7	232	109.0	237	111.4	242	113.8	247	116.2	253	—	—	—	—	—	—	—	—				
180	83.2	150	85.0	156	86.9	163	88.6	169	90.3	175	92.2	181	94.2	187	96.2	193	98.3	199	100.2	204	102.2	210	104.2	215	106.2	221	108.4	226	110.6	231	113.1	236	115.5	242	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
190	86.2	150	88.1	156	90.0	163	91.8	168	93.6	174	95.6	180	97.5	187	99.6	193	101.7	199	103.7	204	105.7	210	107.8	215	109.8	221	112.1	226	114.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
200	89.2	150	91.1	156	93.1	163	95.0	168	96.7	174	98.7	180	100.8	187	102.9	192	105.1	198	107.2	204	109.2	210	111.4	215	113.5	221	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210	92.2	150	94.2	156	96.2	162	98.1	168	100.0	174	102.1	180	104.1	187	106.3	192	108.4	198	110.6	20																														

пороки древесины легко могут ускользнуть отъ глазъ изслѣдователя и обусловить своимъ присутствіемъ полученіе противорѣчивыхъ данныхъ. Неудобство же, прѣистекающее отъ того, что въ таблицѣ помѣщены нѣсколько преувеличенныя данныя, существеннаго значенія имѣть не можетъ, такъ какъ нетрудно въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ внести въ числа таблицы соотвѣтствующую поправку.

Какъ сказано, приведенная таблица даетъ возможность опредѣлить по удѣльному вѣсу при данной влажности не только крѣпость, но и удѣльный вѣсъ при другомъ содержаніи влаги. О томъ, какъ находится зависимость между влажностью и крѣпостью древесины при сжатіи, говорилось уже выше; что же касается соотношенія между содержаніемъ влаги въ древесинѣ и удѣльнымъ вѣсомъ, то оно опредѣлялось и Баушингеромъ и Янка въ общемъ по тому же методу и приводится къ формуламъ аналогичнымъ тѣмъ, какія получаются для коэффициентовъ сопротивленія сжатію. Нѣтъ надобности, поэтому, останавливаться здѣсь на этомъ вопросѣ. Интересно отмѣтить только, насколько сильнѣе отражаются въ предѣлахъ комнатно-воздушно-сухого состоянія различіе въ содержаніи влаги на крѣпости, чѣмъ на удѣльномъ вѣсѣ. Такъ, для еловой древесины удѣльнаго вѣса въ абсолютно сухомъ состояніи, равную 45 \*) крѣпость при сжатіи и удѣльнымъ вѣсѣ для средней влажности въ 10 и 20% выражаются слѣдующими числами:

Влажн сть.	Удѣльный вѣсъ.	Крѣпость при сжатіи.
10%	47.1	559
20%	49.2	340

Въ то время, какъ удѣльный вѣсъ при увеличеніи влажности на 10% измѣняется всего на 2,1 т. е. на 4.5%, крѣпость уменьшается на 219 кг./см.<sup>2</sup>, т. е. на 39.2%.

У дубовой древесины \*\*) при переходѣ отъ воздушно-комнатно-сухого къ абсолютно сухому состоянію коэффициентъ крѣпости при сжатіи нерѣдко увеличивается больше чѣмъ вдвое, тогда какъ въ удѣльномъ вѣсѣ разница для указанныхъ предѣловъ влажности составляетъ въ среднемъ только 5—6% и рѣдко до 8%.

Въ ходѣ измѣненій коэффициентовъ крѣпости при сжатіи въ зависимости отъ влажности мы отмѣтили перегибъ (при 17—20% влажности), за которымъ дальнѣйшее увеличеніе содержанія влаги

\*) Числа, выходящія удѣльный вѣсъ, умножены въ таблицѣ на 100.

\*\*) Изъ Шипова Лѣса.

отражается уже сравнительно слабо на крепости древесины. Обратное мы замечаем по отношению к удельному весу.

Здесь с переходом к высшим степеням влажности возрастание удельного веса происходит с увеличением содержания воды в древесине даже быстрее, чем при низших степенях влажности.

Сказанное хорошо иллюстрируется следующими двумя рядами цифр, составленными на основании данных рассмотренной таблицы удельных весов и коэффициентов крепости еловой древесины.

Возрастание удельного веса на каждые 5-10% разницы во влажности для ступеней по удельному весу абсолютно сухой древесины:

Увеличение влажности			
отъ	до	37	42
0	5	1.0	1.0
5	10	1.0	1.0
10	15	1.0	1.0
15	20	1.0	1.0
20	25	1.2	1.3
25	30	1.2	1.4
30	35	1.5	1.6
35	40	1.5	1.6
40	45	1.6	1.8
45	50	1.6	1.8
50	60	3.2	3.6
60	70	3.3	3.6
70	80	3.3	3.6
80	90	3.2	3.5
90	100	3.4	3.6
100	110	3.3	3.6
110	120	3.2	3.5
.	.	.	.
160	170	3.2	3.6
170	180	3.3	3.6
180	190	3.4	3.5
190	200	3.1	3.5
200	210	3.4	3.6

Какъ видимъ, нарастаніе удѣльнаго вѣса съ увеличеніемъ влажности происходитъ равномерно до 20<sup>0</sup>/о; послѣ этого удѣльный вѣсъ начинаетъ увеличиваться быстрее, а съ 45—50<sup>0</sup>/о важности возрастаніе удѣльнаго вѣса идетъ опять довольно равномерно. Если ходъ этихъ измѣненій изобразить на графикѣ, то отъ 0 до 20<sup>0</sup>/о онъ выразится прямою линіей, затѣмъ отъ 20 до 50<sup>0</sup>/о (приблизительно)—нѣкоторой кривой, а далѣе—снова прямой линіей.

Причину этого явленія очевидно нужно искать въ неравномерномъ ходѣ нарастанія объема съ увеличеніемъ содержанія влаги. Дѣло въ томъ, что клѣточные стѣнки, впитывая влагу, конечно, разбухаютъ, что влечетъ за собою увеличеніе объема, а слѣдовательно, уменьшеніе удѣльнаго вѣса. Такимъ образомъ присутствіе воды въ клѣточныхъ, стѣнкахъ съ одной стороны, увеличиваетъ удѣльный вѣсъ древесины вслѣдствіе возрастанія абсолютнаго вѣса, а съ другой уменьшаетъ его, вслѣдствіе разбуханія клѣточныхъ стѣнокъ. Тогда какъ увеличеніе абсолютнаго вѣса съ возрастаніемъ содержанія влаги совершенно не зависитъ отъ того, имѣемъ ли мы дѣло съ древесной воздушно—сухой или насыщенной влагой.

Увеличеніе объема происходитъ болѣе сильно отъ 0 до 20<sup>0</sup>/о содержанія влаги, нежели за этимъ предѣломъ, такъ какъ послѣ насыщенія клѣточныхъ стѣнокъ водой дальнѣйшаго разбуханія ихъ, а слѣдовательно, и увеличенія объема древесины происходитъ не будетъ.

*С. Богословскій.*

---