

НКТП СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Труды Центрального аэро-гидродинамического института

Выпуск 138

Н. Н. БУРАКОВ

ИСПЫТАНИЕ КЛЕЕНЫХ ОБРАЗЦОВ
ТИПОВЫХ ЛОНЖЕРОНОВ
ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ С СУЧКАМИ



XXXII-710

ОНТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВИАЦИОННОЕ И АВТОТРАКТОРНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА — 1932

НКТП СССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Труды Центрального аэро-гидродинамического института

Выпуск 138

Н. Н. БУРАКОВ

ИСПЫТАНИЕ КЛЕЕННЫХ ОБРАЗЦОВ
ТИПОВЫХ ЛОНЖЕРОНОВ
ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ С СУЧКАМИ



ОНТИ НКТП
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВИАЦИОННОЕ И АВТОТРАКТОРНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1932 ЛЕНИНГРАД

Данная работа освещает последовательность процесса экспериментальных работ в лабораторной обстановке по изысканию возможности применения древесины ели с сучками в деталях самолета.

Результаты экспериментальных данных над образцами типа лонжеронов позволили констатировать, что в склеенных лонжеронах из древесины ели двутаврового сечения сучки не могут быть допущены, а в коробчатом сечении, при горизонтальной склейке планок, сучки могут быть допущены во внутренних планках.

Р. доктор В. С. Шаховской.

Тех. редактор С. М. Ростошинский.

Сдано в набор 25/III 1932 г. Подписано к печати 3/IX 1932 г. Колич. печатных листов 2. Колич. п. з. в листе 96000. Индекс АА-30-5-4. Изд. № 110. Уполномоченный Главлита № Б-19772. Заказ № 973. Тир. 2 5000.

Первая типография Огиза РСФСР „Образцовая“. Москва, Валуевая, 23.

Введение.

Для разрешения вопроса о возможности допущения в самолетостроении суковатой древесины ОИАМ и К ЦАГИ включил в свои программные работы исследование влияния сучков на механические свойства древесины сосны и ели в малых образцах сплошного сечения и в клееных образцах типа лонжеронов.

Первая часть работы была закончена в 1928 году и опубликована в Трудах ЦАГИ¹.

Основные выводы первой части работы сводятся к следующему.

При исследовании влияния здоровых, сросшихся с древесиной ствола сучков на механические свойства сосновой и еловой древесины в образцах небольшого сплошного сечения (от 2×2 до 4×4 см), имеющего существенное значение в самолетостроении, обнаружены следующие положения:

1. При сжатии вдоль волокон влияние сучков наиболее часто встречающихся размеров выражается в понижении крепости в пределах от 20 до 40%.

2. При сжатии поперек волокон наблюдается повышение крепости.

3. При поперечном статическом изгибе граница влияния сучка в зависимости от диаметра и расположения его по длине образца намечается следующая:

		миллиметры					
при расстоянии от середины	длина образца						
($2 \times 2 \times 30$ см) не менее	0	20	40	60	80	100
не оказывают влияния сучки диаметром до	0	3	6	9	12	15

4. При поперечном динамическом изгибе в тангентальном направлении, в случае расположения сучка на расстоянии менее 80 мм от середины длины образца ($2 \times 2 \times 30$ см), предельное понижение сопротивления доходит до 70% без зависимости от диаметра сучка и расположения по длине образца, если же расстояние равно или больше 80 мм, колебания в результатах испытания находятся в пределах колебаний сопротивления бессучковой древесины.

5. При продольном статическом изгибе, в случае расположения сучка на расстоянии менее 80 мм от середины длины образца ($2 \times 2 \times 50$ см), предельное понижение доходит до 70% без зависимости от диаметра сучка и расположения его по длине образца, если же расстояние больше 80 мм, результаты дают колебания как в большую, так и в меньшую сторону, что может быть отнесено за счет неоднородности материала.

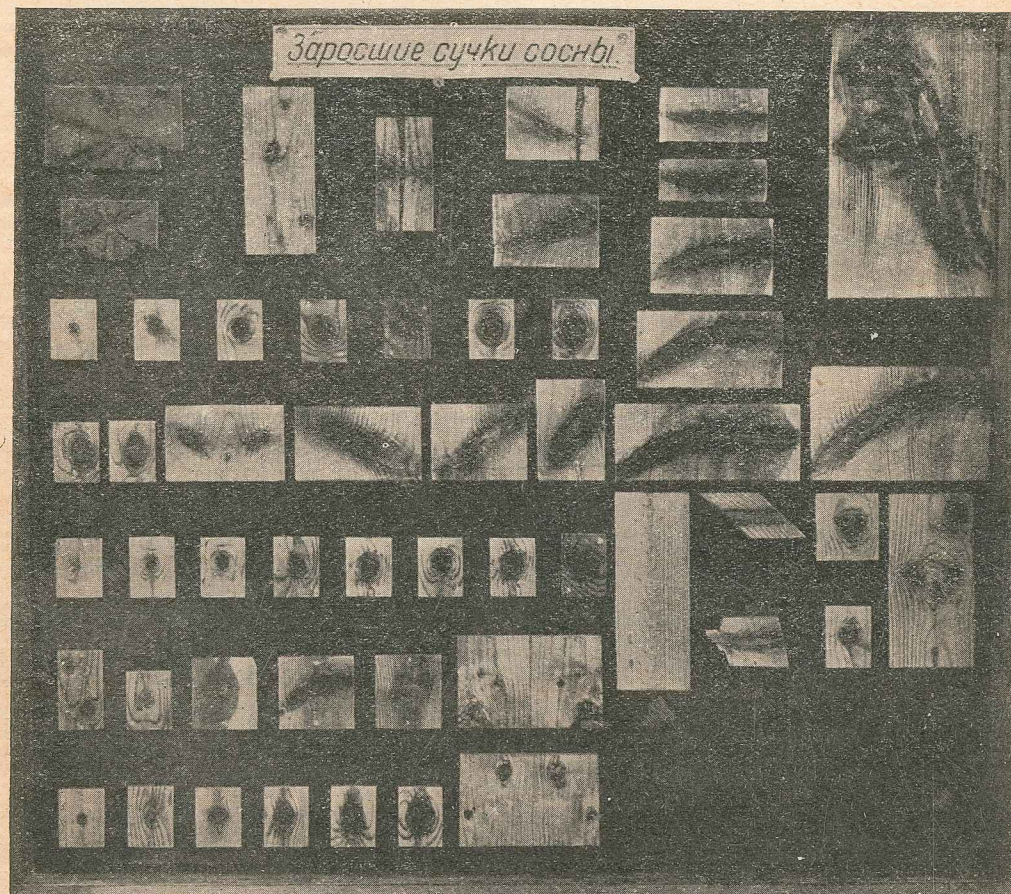
Помимо указанных основных выводов, необходимо отметить, что при изгибе на характер разрушения образца оказывает влияние не только самый сучок, как таковой, а главным образом те искривления направления волокон древесины ствола, которые появляются в результате наличия сучка.

Кроме того, применение на практике определенного опытным путем предела влияния сучка очень затруднительно, так как в этом случае в производство должны быть переданы точные указания, в каком месте по высоте, ширине и длине детали, какого диаметра и в какой детали могут быть допущены сучки.

¹ Н. Н. Бураков, Исследование влияния сучков на механические свойства древесины сосны и ели. Труды ЦАГИ, вып. 60.

В зависимости от полученных указаний в производстве должна быть подобрана соответствующая древесина. Вследствие вышеизложенного применение здоровых, сросшихся с древесиной ствола сучков в деталях сплошного сечения, размерами от 2×2 до 4×4 см, не может быть рекомендовано.

Отрицательное заключение по исследованию влияния здоровых сросшихся с древесиной ствола сучков на механические свойства древесины сосны и ели заставило



Фиг. 1. Заросшие сучки сосны.

в целях выяснения возможности более полного использования суковатой древесины продолжить изучение влияния сучков, но уже в склеенных образцах, с допущением сучков как сросшихся, так и выпадающих, при замене последних пробками на клею.

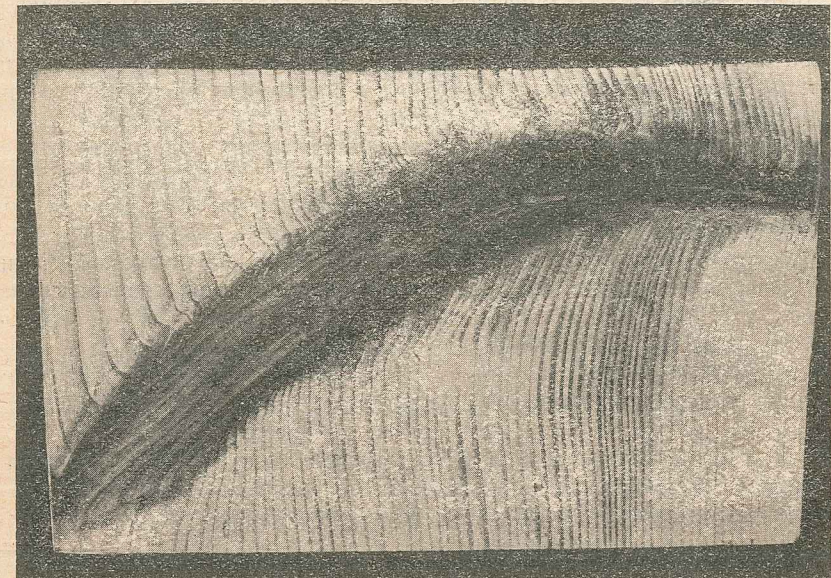
Однако первые опыты с сосной показали следующее:

1. Здоровые сросшиеся с древесиной сосны сучки (фиг. 1) расположены в пределах радиуса 30—50 мм, т. е. в небольшой средней части ствола, которая неизбежно должна быть отброшена в отход вследствие наличия сердцевины, слабой древесины, сердцевинных трещин и сосредоточения сучков.

2. Выпадающие сучки древесины сосны в большинстве случаев имеют не чистый излом, вследствие чего после излома сучка имеют место, в процессе зарастания¹, искривления направления волокон, глубоко проникающие в глубь ствола по длине радиуса с обильным выделением смолы (фиг. 2 и 3). Вследствие этого постановка пробок без нарушения целостности окружающей древесины не представляется возможной.

¹ Описание процесса зарастания сучков имеется у Н. Нестерова «Опилка сучков как мера ухода в строевом лесу». «Лесопромышленный вестник», № 29, 1909 г. стр. 290.

Учитывая основные выводы первой части работы, касающиеся древесины сосны, пришлось отказаться от исследования влияния сучков на механические свойства склеенной древесины сосны и сосредоточить внимание лишь на исследовании клееной древесины ели с сучками.

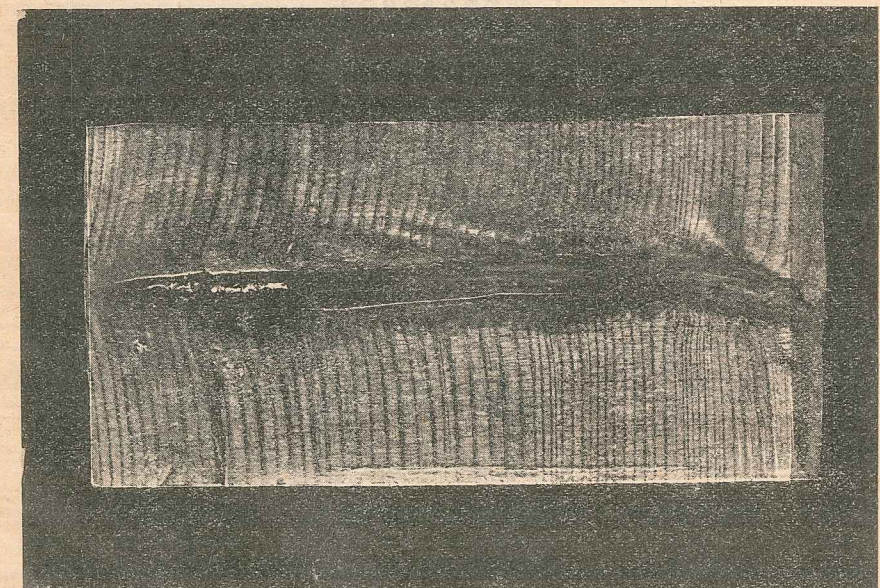


Фиг. 2. Выпадающий сучок древесины сосны.

Работа состояла из испытания склеенных образцов типа лонжеронов двутаврового и коробчатого сечения.

В нижеприведенном перечне испытаний приняты следующие обозначения:

b — ширина полки, h' — высота полки,
 h — высота сечения лонжерона, l — размер по длине лонжерона.



Фиг. 3. Выпадающий сучок древесины сосны.

Перечень испытаний.

1. Испытание склеенных образцов лонжеронов (двутаврового сечения) размеров: $b = 71$ мм, $h = 96$ мм и $l = 150$ мм (планки с направлением годовых слоев под углом в 45°), на сжатие вдоль волокон, при различном расположении сучков по высоте образца.

2. Испытание склеенных образцов лонжеронов (двутаврового сечения) размеров: $b = 71$ мм, $h = 96$ мм и $l = 2400$ мм (планки с направлением годовых слоев под углом в 45°), на поперечный статический изгиб сосредоточенной нагрузкой в двух точках (при расстоянии в 1000 мм) и при различном расположении сучков по высоте сечения образца.

3. Испытание склеенных образцов лонжеронов (двутаврового сечения) размеров: $b = 71$ мм, $h = 96$ мм и $l = 2400$ мм (планки с направлением годовых слоев под углом в 45°), на продольный изгиб при различном расположении сучков по высоте сечения образца.

4. Испытания склеенных образцов (годовые слои под углом в 45° к плоскости склейки) типа лонжеронов (коробчатого сечения) следующих размеров: $b = 60$ мм, $h' = 30$ мм, $h = 120$ мм и $l = 150$ мм, на сжатие вдоль волокон при различном расположении сучков, во внутренних планках по высоте образца.

5. Испытание склеенных образцов (годовые слои под углом в 45° к плоскости склейки) типа лонжеронов (коробчатого сечения) следующих размеров: $b = 60$ мм, $h' = 30$ мм, $h = 120$ мм и $l = 2000$ мм, на поперечный статический изгиб сосредоточенной нагрузкой, в двух точках (при расстоянии в 600 мм) и при различном расположении сучков во внутренних планках по высоте полки.

6. Испытание склеенных образцов (годовые слои под углом в 45°) типа лонжеронов (коробчатого сечения) следующих размеров: $b = 60$ мм, $h' = 30$ мм, $h = 120$ мм и $l = 1500$ мм, на продольный изгиб с различным расположением сучков во внутренних планках по высоте полки.

Вся работа выполнялась под непосредственным руководством начальника секции по изучению дерева Е. И. Савкова, которому выражаю свою благодарность за проявленный интерес к работе и за советы и указания, дававшиеся им в процессе ее выполнения, а также сотрудникам отдела: К. К. Кноп за выполнение графической работы и участие в выполнении экспериментальной части работы и П. А. Соловьеву за тщательное изготовление лонжеронов и приспособлений к испытаниям.

I. Древесина.

А. Таксационные данные.

Древесина ели в количестве 30 6-метровых кряжей была получена из б. Владимирской губернии (Переяславский лесхоз, Вороновский Учлесхоз, дача Карчага) со следующей средне-лесотаксационной характеристикой (табл. 1, стр. 8)

Внешний вид материала представлен на фиг. 4 в виде торцов и плоскостей распила 3 кряжей.

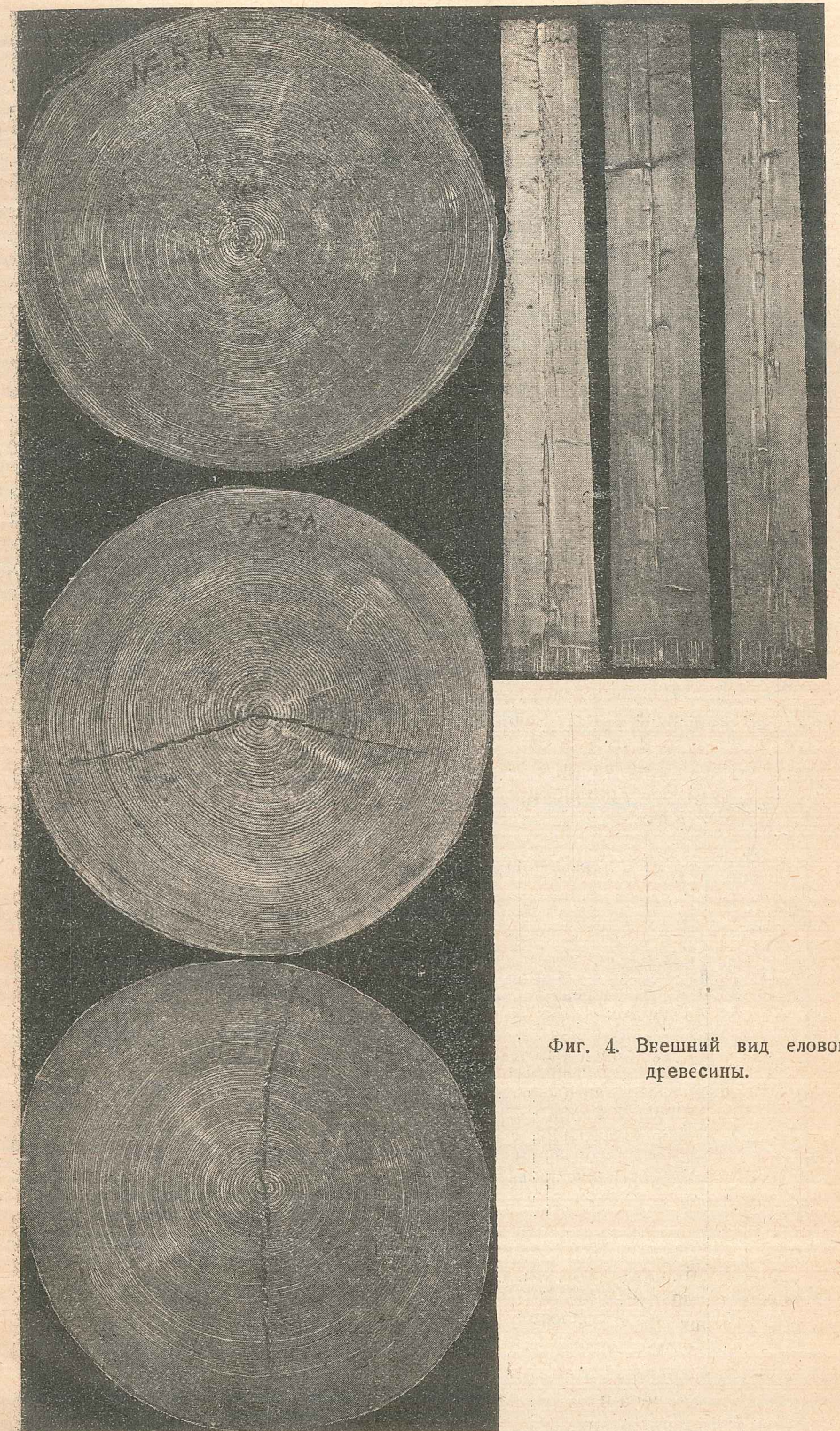
Б. Распиловка кряжей.

Предназначенные для изготовления лонжеронов 30 кряжей были распилены поперечным резом по середине длины кряжа на 60 3-метровых кряжей.

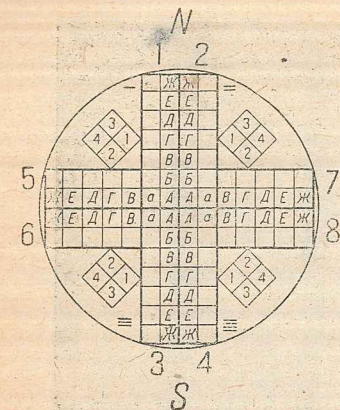
Первые от комля кряжи нумеровались нечетными, а вторые четными номерами.

Первые 6 кряжей были распилены по схеме полных испытаний (фиг. 5) и оставлены для определения физико-механических свойств, остальные 54 кряжа были распилены по схеме фиг. 6 на доски толщиной в 90 мм. Средний рез проходил по большому диаметру кряжа через сердцевину.

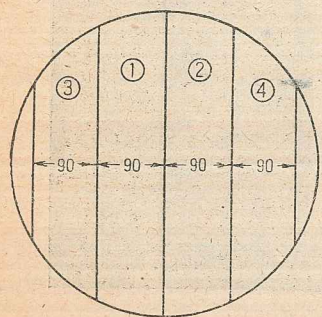
После распиловки кряжей доски были подвергнуты сушке, причем половина досок была высушена на открытом воздухе в течение мая — июля, а другая половина была высушена в камере.



Фиг. 4. Внешний вид еловой древесины.



Фиг. 5. Схема распиловки кряжа (верхний отруб).



Фиг. 6. Схема распиловки кряжа.

В. Физико-механические свойства древесины ели.

Из 6 кряжей, распиленных по схеме фиг. 5, было испытано 3 кряжа с нечетной нумерацией (кряжи 1, 3 и 5) по схеме полных испытаний¹.

Для определения физико-механических свойств древесины в остальных 54 кряжах брались отрезки от доски за № 1 или № 2 (схема фиг. 6) у нечетных кряжей в верхней и у четных в нижней части кряжа, так что образцы как бы изготовлялись из середины 6-метрового кряжа: вследствие этого из полученных от распиловки 54 3-метровых кряжей испытания были произведены в 26 кряжах, соответствующих 52 3-метровым кряжам; один кряж из-за недостаточной длины не представлялся возможным подвергнуть контрольным испытаниям физико-механических свойств древесины.

Ввиду отсутствия указания на кряжах на расположение стран света не представилось возможным выпиливать их по схеме, выработанной ЦАГИ, вследствие чего образцы изготовлялись по линии радиуса ствола, причем по наибольшему радиусу образцы обозначались прописными буквами, а по наименьшему радиусу строчными.

Из механических свойств определялись (как основные характеристики) коэффициенты крепости на сжатие вдоль волокон, из физических свойств — удельный вес.

Таблица 1

№ по пор.	Таксационные данные	Данные	
		колебания	среднее арифметическое
1	Возраст	139—170 лет	150 лет
2	Высота дерева	21—32 м	23 м
3	Диаметр:		
	а) у пня	27—66 см	40 см
	б) на высоте груди (1,3 м)	25—52 см	33 см
	в) в верхнем отрезке 6-метрового кряжа	23—43 см	32 см
4	Первый живой сук	12—19 м	17 м
5	Тип насаждений с краткой характеристикой состава насаждений, полноты и покрова	сурамень, состав 0,4 С, 0,6 Б, местами 0,9 Е	
		полнота 0,5—0,9, покров тонкий моховой с черничником и местами папоротником	
6	Бонитет	1	
7	Добротность	2	
8	Почва и подпочва	свежая супесь с тонким слоем перегноя	подпочва — глина

¹ Е. И. Савков, Исследование физико-механических свойств древесины сосны. Труды ЦАГИ, вып. 62.

Для определения физико-механических свойств применялась методика испытаний, принятая в ЦАГИ¹.

Определить зависимость между крепостью и влажностью древесины ели за недостатком времени не удалось, в силу чего пересчет коэффициента крепости в зависимости от влажности производился по общим французским данным, согласно которым изменение на 1% влажности древесины соответствует изменению крепости на 4% при сжатии вдоль волокон и на 2% при поперечном статическом изгибе.

Физико-механические свойства древесины ели приведены в табл. 2.

Таблица 2

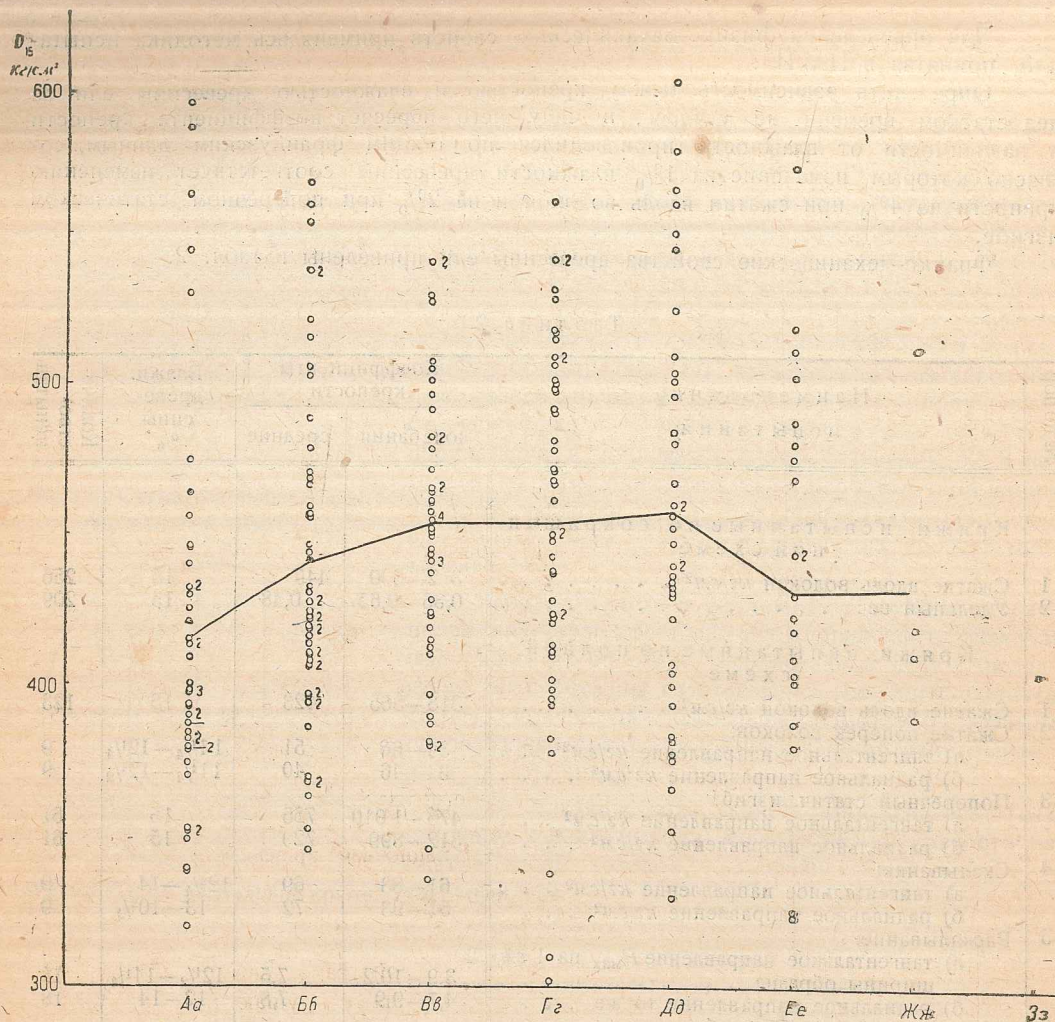
№ попор	Наименование испытания	Коэффициенты крепости		Влажн. древе- сины %	Количе- ство- испытан.
		колебания	средние		
Кряжи, испытанные по сокращен- ной схеме					
1	Сжатие вдоль волокон кг/см²	3 2—670	445	15	256
2	Удельный вес	0,36—0,65	0,48	15	209
Кряжи, испытанные по полной схеме					
1	Сжатие вдоль волокон кг/см²	318—565	423	15	123
2	Сжатие поперек волокон:				
	а) тангентальное направление кг/см²	34—66	51	11¼—12¼	9
	б) радиальное направление кг/см²	34—46	40	11¼—12½	9
3	Поперечный статич. изгиб:				
	а) тангентальное направление кг/см²	475—1 010	755	15	61
	б) радиальное направление кг/см²	512—899	720	15	61
4	Скалывание:				
	а) тангентальное направление кг/см²	61—83	69	12¾—14	9
	б) радиальное направление кг/см²	51—93	72	13—10¾	9
5	Раскалывание:				
	а) тангентальное направление P_{\max} на 1 см ширины образца	3,9—10,2	7,5	12½—14¼	18
	б) радиальное направление то же	4,7—9,9	7,8	12—14	18
6	Динамический попер. изгиб:				
	а) тангентальное направление	0,086—0,272	0,163	—	61
	б) радиальное направление	0,074—0,625	0,301	—	58
7	Скручивание кг/см²	100—156	124	12—12½	25
8	Удерживание гвоздей и шурупов:				
	а) тангентальное направление:				
	гвозди железные № 18—¾" кг	3,8—16,0	8,8	9¼—10¾	27
	гвозди оцинков № 18—¾" кг	7,0—34,0	20,1		27
	шурупы № 3—⅝" кг	18,0—69,0	51,0		27
	шурупы № 6—1½" кг	127,0—224,0	170,0		27
	б) радиальное направление:				
	гвоздь железн. № 18 ¾" кг	3,9—14,2	7,5	9¼—10¾	27
	гвоздь оцинков. № 18 ¾" кг	9,0—38,0	19,1		27
	шурупы № 3—⅝" кг	25,0—76,0	47,0		27
	шурупы № 6—1½" кг	126,0—235,0	153,0		27
9	Удельный вес	0,37—0,61	0,46	15	59
10	Смолистость	0,79—1,76	1,26	—	
11	Коэффициент усушки	0,45—0,70	0,58	—	59

На основании полученных результатов испытаний были построены:

1. Диаграммы изменений коэффициента крепости D_1 по радиусу ствола (фиг. 7).
2. Вариационная кривая для удельного веса (фиг. 8).

¹ Е. И. Савков, Методы определения физико-механических свойств древесины. Труды ЦАГИ, вып. 37.

2 Испытание клеевых соединений.



Фиг. 7. Диаграмма изменений D_{15} по радиусу ствола.

Имея в виду, что для диаграммы фиг. 7 коэффициент пересчета был взят условный и что для вариационной кривой фиг. 8 было недостаточное количество точек, окончательных выводов сделать нельзя и указанными кривыми необходимо пользоваться как приближенными.

II. Клей.

В качестве склеивающего вещества был применен порошкообразный казеиновый клей марки ЦАГИ № 104.

Для данной работы консистенция клея была взята следующая: по весу на 1 ч. клея 1,8 ч. воды, при которой по работам ЦАГИ¹ наблюдается хорошее качество склейки с незначительными колебаниями в результатах испытаний.

Метод склеивания был применен следующий:

- 1) намазка клеем поверхностей двухсторонняя,
- 2) расход клея 1 кг/м^2 ,
- 3) время выдержки намазанных поверхностей до запрессовки. 12—15 мин,
- 4) нагружение при запрессовке 1 кг/см^2 ,
- 5) время запрессовки 18 час.,
- 6) выдержка склеенных образцов после запрессовки не менее 72 часа.

¹ Н. Ф. Бочаров, Техника склеивания дерева казеиновыми клеями. Труды ЦАГИ, вып. 77.

III. Изготовление лонжеронов.

После сушки доски были распилены на планки толщиной 15 мм и длиной 3000 мм с расположением годовых слоев к плоскости распила под углом в 45° (фиг. 9).

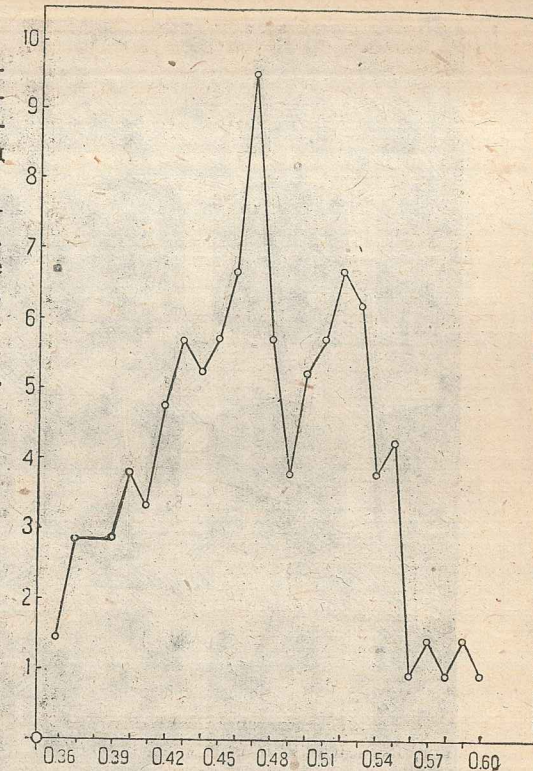
Вид наиболее часто встречающихся сучков ели представлен на фиг. 10.

После распила на круглой пиле планки выдерживались в помещении в течение 2—3 месяцев, после чего пропускались через строгальный и рейсмусовочный станки. Из полученных планок изготавливались клееные лонжероны, с расположением годовых слоев к плоскости склейки под углом в 45° (фиг. 9).

Запрессовка склеенных лонжеронов производилась на прессе с тарированными пружинами (фиг. 11).

Влажность древесины лонжеронов колебалась от 10 до 11%. Для стенок лонжеронов коробчатого сечения применялась фанера сорта А. Направление волокон рубашки фанеры было взято под углом в 45° . Для крепления фанеры к полкам лонжерона гвозди и шурупы не применялись.

Точность изготовления образцов $\pm 0,1 \text{ мм}$.



Фиг. 8. Вариационная кривая для удельного веса G_{15} .

IV. Механические испытания.

Для определения влияния сучков на механические свойства клееных лонжеронов воспользовались методом определения процента понижения разрушающей нагрузки лонжерона с сучками по сравнению с разрушающей нагрузкой лонжерона без сучков.

Процент понижения разрушающей нагрузки определялся по формуле:

$$\frac{P'_{\max} - P_{\max}}{P_{\max}} \cdot 100,$$

где P_{\max} — разрушающая нагрузка лонжерона без сучка,
 P'_{\max} — " " " " " с сучком.

Таким образом каждое испытание проводилось на двух лонжеронах: на одном с сучками, на другом без сучков.

Такие парные лонжероны изготавливались из одних и тех же годовых слоев древесины. Механическим испытаниям были подвергнуты два типа лонжеронов: двутаврового и коробчатого сечений.

Имея в виду большие размеры лонжеронов, трудности изготовления их в лабораторных условиях, а также высокую стоимость изготовления, мы подвергали образцы по типу лонжеронов только основным видам механических нагрузок, а именно:

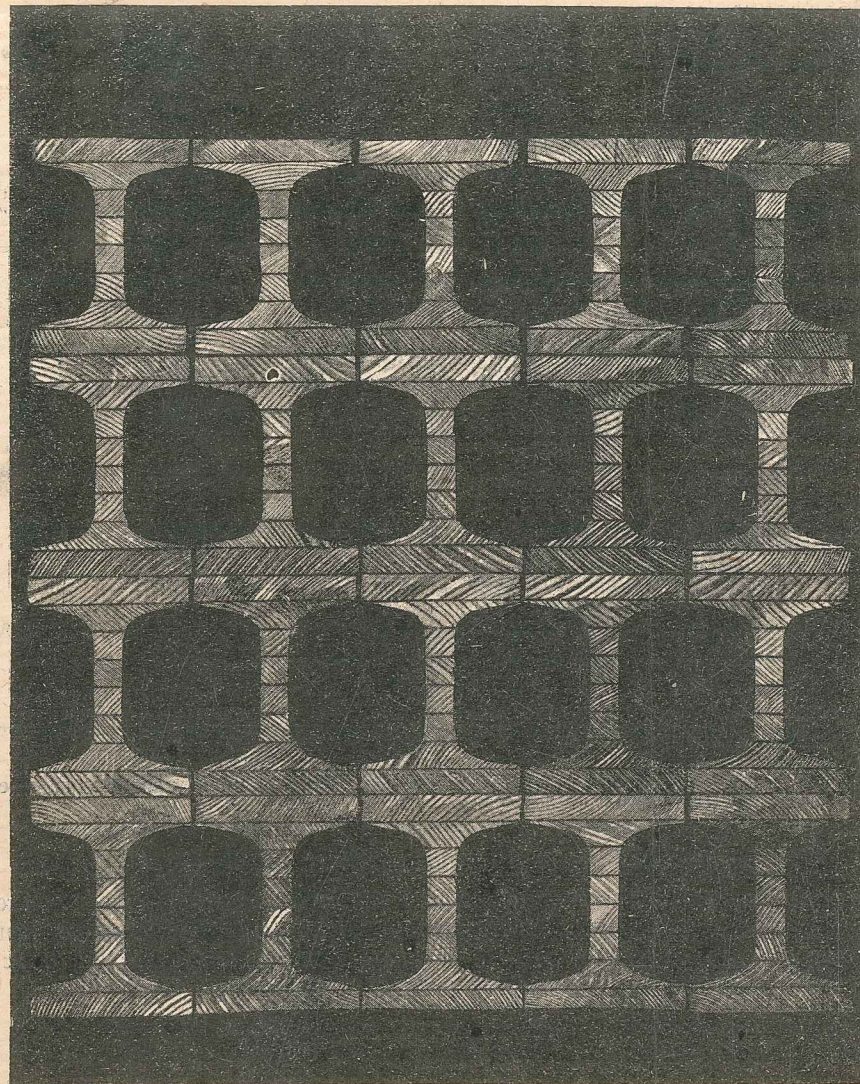
- 1) сжатие вдоль волокон,
- 2) поперечный статический изгиб,
- 3) продольный статический изгиб.

V. Результаты механических испытаний клееных лонжеронов.

А. Двутавровое сечение.

1. Сжатие вдоль волокон.

Для сжатия вдоль волокон образец длиной 150 мм вырезался из лонжерона, изготовленного согласно чертежу фиг. 12, в части, не имеющей диафрагм.



Фиг. 9. Наклон годовых слоев к плоскости склейки.

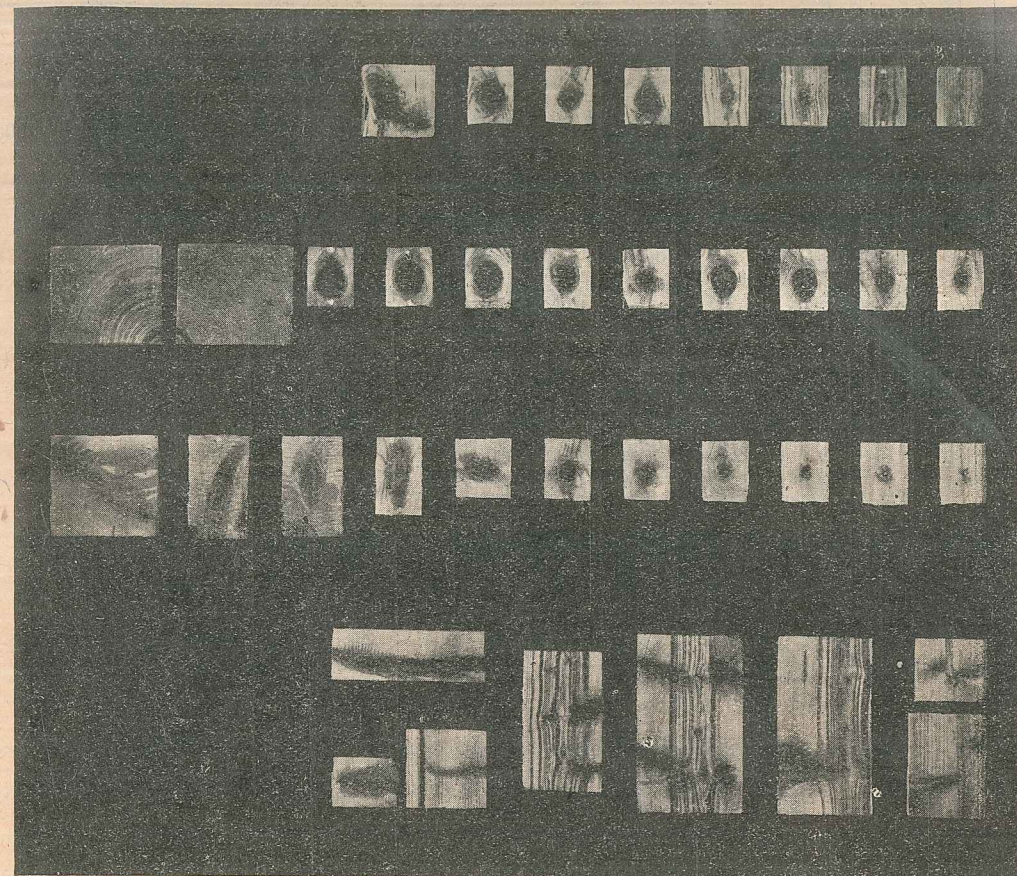
Испытание производилось на 200-тонном прессе завода Амслер со шкалой 20 т. Скорость нагружения 400 кг/см^2 в минуту.

В первоначально изготовленных образцах высверливались только выпадающие сучки, и вставлялись вместо них пробки из древесины ели на казеиновом клею.

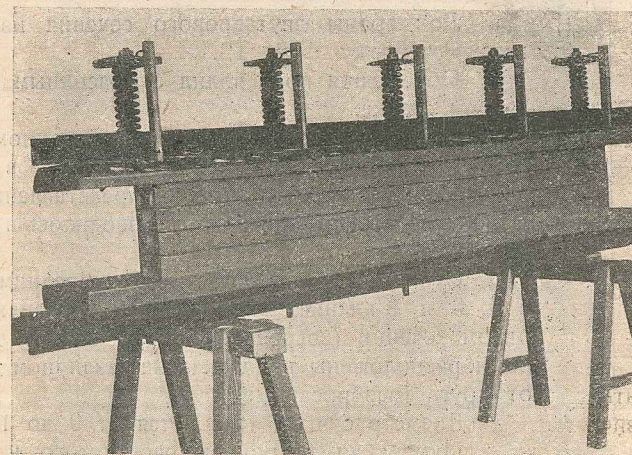
Сучки диаметром до 15 мм допускались в 2, 4, 5, 6 и 8 планках, причем сучки располагались как в одном сечении (сосредоточенные), так и в разных (разбросанные).

Результаты испытаний показали, что пробки из древесины ели деформируются под воздействием нагрузки (фиг. 13). Это обстоятельство заставило применять для пробок древесину твердых пород, поэтому в последующих образцах пробки изготовлялись из древесины белого бука и клена. Испытания показали, что пробки из древесины белого бука и клена не деформируются (фиг. 14) и не оказывают резкого влияния на разрушение образцов.

Наблюдения над здоровыми сросшимися сучками показали, что сучки без радиальных трещин встречаются довольно редко, вследствие чего в последних образцах высверливались все сучки, как сросшиеся, так и выпадающие.



Фиг. 10. Сучки в древесине ели.



Фиг. 11. Станок для запрессовки склеенных лонжерон.в.

№ по пор.	Образцы без сучков		Образцы с сучками			Изменение нагрузок $\frac{P'_{\max} - P_{\max}}{P_{\max} \pm 0/0} \cdot 100$	
	обозначение образцов	разрушающая нагрузка P_{\max} в т	обозначение образцов	количество сучков	древесина пробок		разрушающая нагрузка тонны
1	7-6	14,3	7-с	8	еловая	8,1	—43 $\frac{1}{2}$
2	8-6	17,3	8-с	8	"	12,2	—29 $\frac{1}{2}$
3	9-6	17,1	9-с	8	"	12,3	—28
4	6-6	14,0	6-с	8	"	11,0	—21 $\frac{1}{2}$
5	5-5	14,2	5-с	6	"	9,4	—34
6	20-6	17,0	20-с	6	кленовая	13,8	—19
7	19-6	15,1	19-с	6	"	12,3	—18 $\frac{1}{2}$
8	4-6	13,2	4-с	6	еловая	11,1	—16
9	22-6	14,9	22-с	6	кленовая	12,7	—15
10	18-6	14,7	18-с	6	"	13,0	—11 $\frac{1}{2}$
11	21-6	15,0	21-с	5	"	13,4	—10 $\frac{1}{2}$
12	23-6	15,7	23-с	5	еловая	12,1	—23
13	1-6	13,7	1-с	4	кленовая	11,0	—19
14	17-6	15,2	17-с	4	бел. " бука	12,4	—18 $\frac{1}{2}$
15	12-6	12,6	12-с	4	еловая	10,3	—18
16	2-6	13,9	2-с	4	"	11,6	—16 $\frac{1}{2}$
17	13-6	12,4	13-с	4	бел. " ука	10,5	—15 $\frac{1}{2}$
18	14-6	14,6	14-с	4	кленовая	12,4	—15
19	16-6	16,5	16-с	4	"	14,5	—12
20	3-6	12,9	3-с	4	еловая	11,5	—11
21	15-6	15,3	15-с	4	кленовая	14,3	—6 $\frac{1}{2}$
22	10-6	12,1	10-с	2	бел. бука	10,8	—10 $\frac{1}{2}$

Результаты испытаний образцов на сжатие вдоль волокон приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, при испытании на сжатие вдоль волокон отрезков донжеров двутаврового сечения длиной 150 мм сучки диаметром до 15 мм уменьшают разрушающую нагрузку от $6\frac{1}{2}$ до $43\frac{1}{2}\%$ в зависимости от количества сучков.

2. Поперечный статический изгиб.

Лонжероны двутаврового сечения изготавливались согласно чертежу фиг. 12.

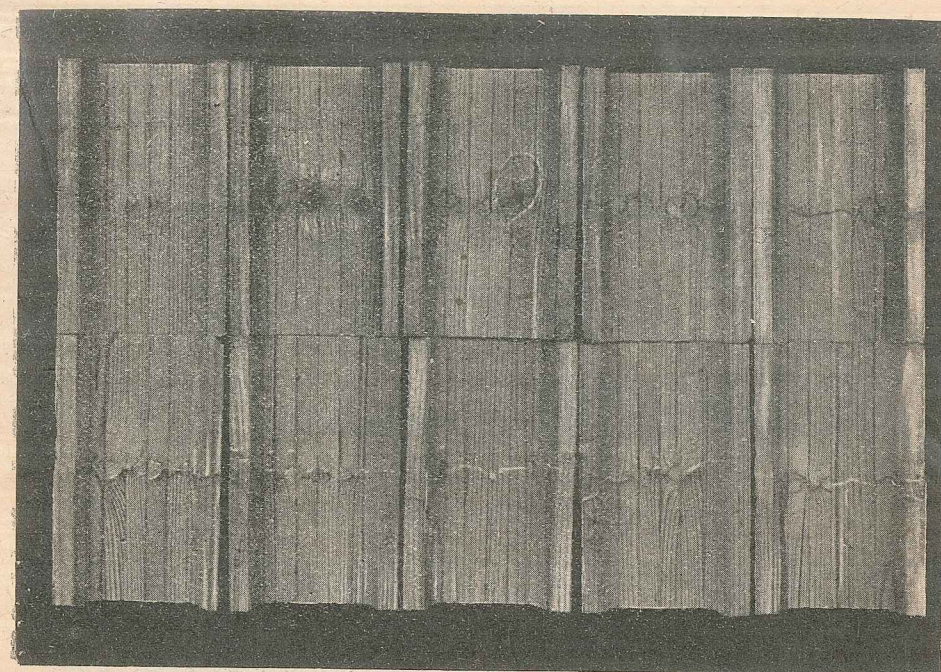
Облегчения прои. водил съ фасонным ножом на фрезерном станке.

Испытания производились на 5-тонном прессе завода Амслер. Скорость нагружения 40 кг/см^2 в минуту. Установка лонжерона на прессе представлена на фиг. 15. Измерение стрелы прогиба производилось в середине длины образца.

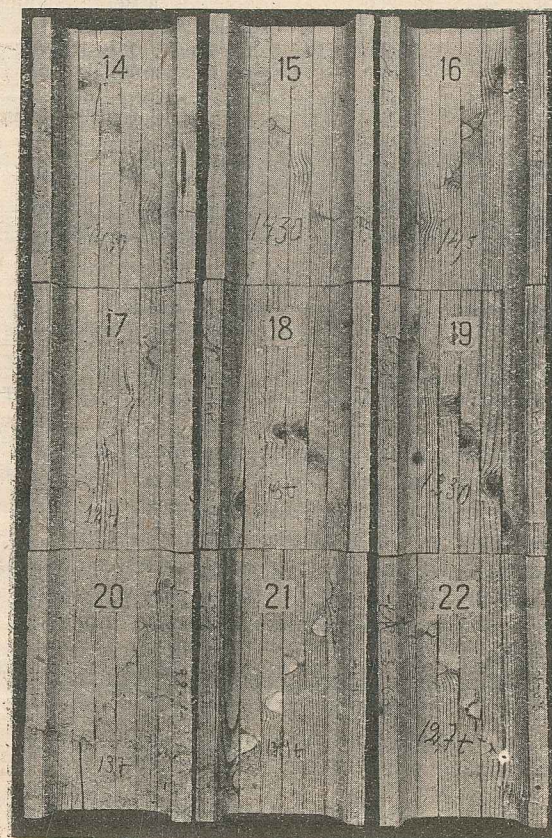
Сучки располагались между средними диафрагмами в 4, 6 и 8 планках причем в 9 образцах сучки были в одном сечении (сосредоточенные), а в 3 лонжеронах они были расположены в планках на различном расстоянии друг от друга (разбросанные).

Диаметр сучков колеблется от 9 до 15 мм.

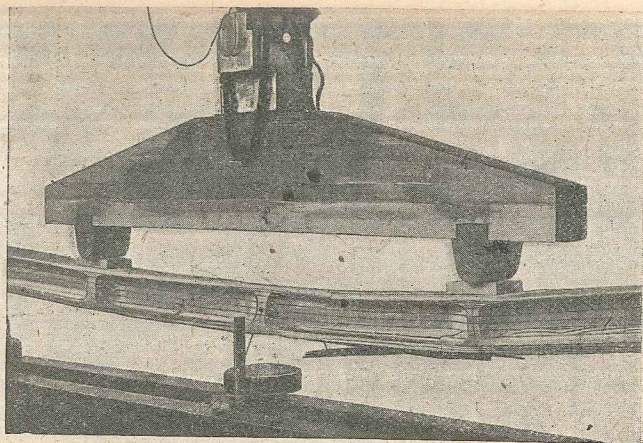
(№ 1—8). В образцах за № 23, 29 и 31 от растянутого к сжатому слою в опасном сечении, имелись сучки в 1-й плачке, по чимому сучков, расположенных нахо­дящейся за пределами опасного сечения



Фиг. 13. Разрушение при сжатии образцов с пробками из древесины ели.



Фиг. 14. Разрушение при сжатии образцов с пробками из древесины твердых пород.



Фиг. 15. Измерение стрелы прогиба при статическом изгибе.

Таблица 4
Лонжероны без сучков

№ по пор.	Обозначение лонжеронов	Разрушающая нагрузка P_{\max} в кг	Характер разрушения
23'	1-6-8	1 400	скалывание
24'	2-6-8	1 380	под ножом в месте искривления волокон
25'	12-6-6	1 370	скалывание
26'	1-6-6	1 370	скалывание, разрушение под ножом
27'	16-6-6	1 250	разрушение под ножом
28'	17-6-6	1 600	то же
29'	3-6-4	1 250	разрушение около средней диафрагмы
30'	4-6-4	1 430	скалывание
31'	5-6-4	1 340	то же
32'	13-6-4	1 110	то же
33'	14-6-4	1 180	разрушение под ножом
31'	11-6-4	850	разрушение 1-й планки

Результаты испытаний приведены в табл. 4 и 4а.

Вид лонжеронов с сучками после испытания представлен на фиг. 16 и без сучков на фиг. 17.

Обозначение на фиг. 16 1-с, 2-с и т. д. соответствует № 23, 24 и т. д.

Обозначение на фиг. 17 1-б, 2-б и т. д. соответствует № 23', 24' и т. д. (см. графу таблицы „Обозначения лонжеронов“).

На основании результатов испытаний (образцы лонжеронов на статический поперечный изгиб) можно сделать следующие выводы:

1. Наличие в 1-й (рассынутой) планке сучка диаметром 15—20 мм оказывает большее влияние, нежели сучки в нескольких внутренних планках опасного сечения (лонжероны №№ 23, 29 и 31).

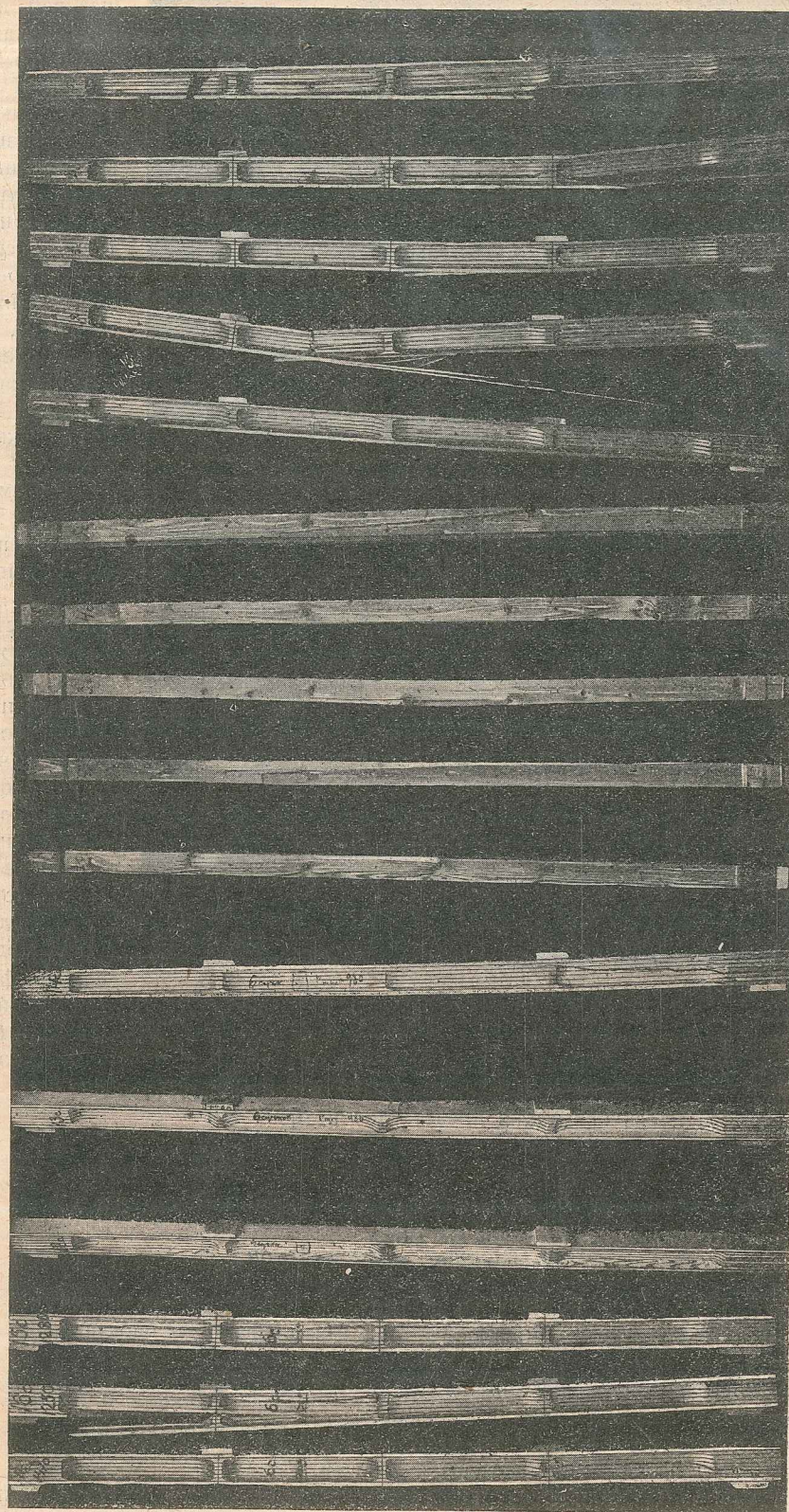
2. Наличие сучка в планке № 8 также заметно понижает разрушающую нагрузку (лонжерон № 24).

3. Лонжероны с сучками во внутренних планках показали тоже некоторое уменьшение нагрузки.

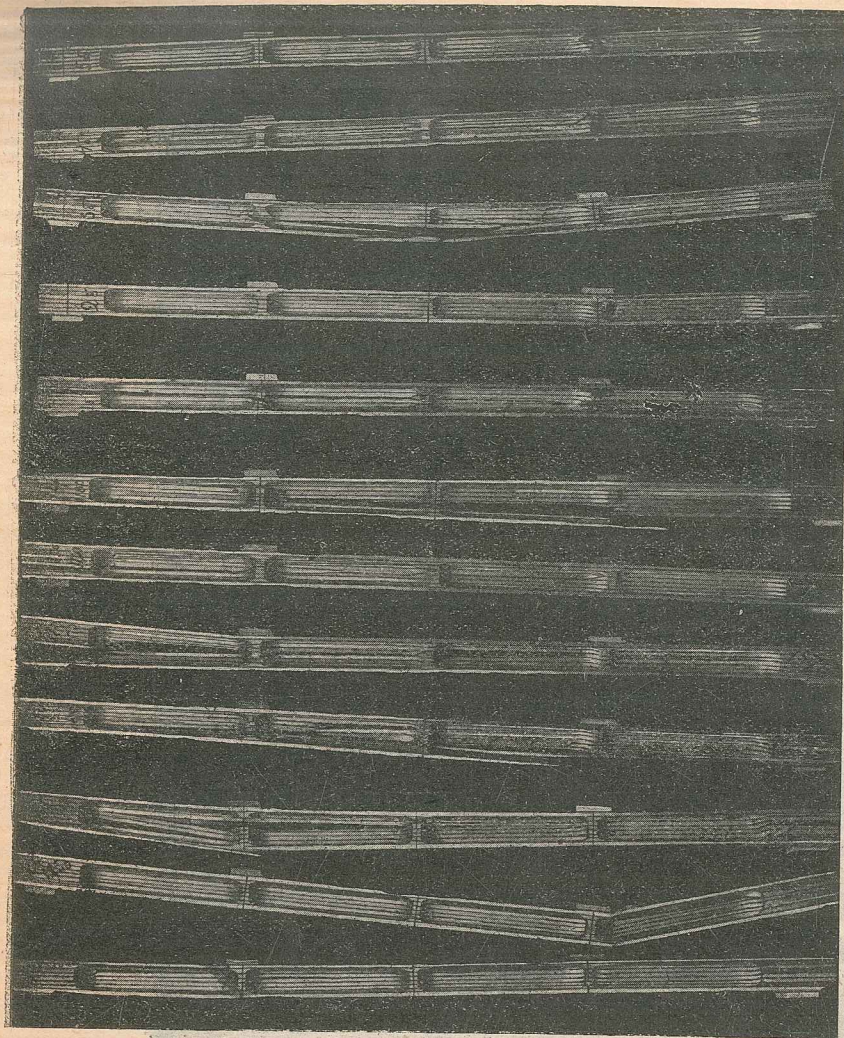
Таким образом испытание показало, что наличие сучков в лонжеронах двутаврового сечения уменьшает разрушающую нагрузку.

3. Продольный изгиб.

Имея в виду, что результаты испытания лонжерона с сучками на поперечный статический изгиб, а также на сжатие вдоль волокон, показали уменьшение раз-



Фиг. 16. Вид лонжеронов с сучками после испытания.



Фиг. 17. Вид лонжеронов без сучков после испытания.

извлеклось прибором Баушингера. Результаты испытаний на продольный изгиб показали уменьшение критической нагрузки на 5 и 8% с разгрузкой по сучкам. Вид лонжеронов после испытания представлен на фиг. 20.

Б. Коробчатое сечение.

1. Сжатие вдоль волокон.

Для сжатия вдоль волокон из лонжерона, изготовленного согласно чертежу фиг. 21, вырезался стержень длиной 150 мм без диафрагм и бабышек.

Испытание производилось на 200-тонном прессе завода Амслер со шкалой в 20 т. Скорость нагружения 400 кг/см² в минуту.

Пробки ставились из древесины клена.

Диаметры сучков допускались от 8 до 12 мм.

Результаты испытаний приведены в табл. 5.

Как видно из табл. 5, при сжатии вдоль волокон отрезков лонжеронов коробчатого сечения, с высверленными сучками и поставленными вместо них пробками из древесины клена на казеиновом клею, влияние сучков, расположенных вогну-

шающей нагрузки, испытание на продольный изгиб было проведено только на двух образцах, заготовленных до результатов испытаний на сжатие и поперечный изгиб. Конструкция лонжерона такая же, как и на поперечный статический изгиб (фиг. 12), но без наружных бабышек.

Схема испытаний представлена на фиг. 18. Для принужденного изгиба в плоскости наибольшей жесткости лонжерона были применены направляющие с металлической прокладкой и со смазкой тавотом для уменьшения трения.

Установка на продольный изгиб представлена на фиг. 19. Измерение стрелы прогиба про-

Таблица 4а

Лонжероны с сучками

№ по пор.	Обозначение лонжеронов	Место расположения сучка в планках и его диаметр в мм								Разрушающая нагрузка P_{\max} кг	Изменение нагрузки $\frac{P'_{\max} - P_{\max}}{P_{\max}} \cdot 100$	Характер разрушения
		1	2	3	4	5	6	7	8			
а) Сучки сосредоточенные												
23	1-с-8	7	15	15	9	10	11	12	10	1200	-14½	разрушение в растянутом слое, в первой планке по сучку $d = 20$ мм, расположенному в неопасном сечении
24	2-с-8	10	12	12	10	13	10	10	11	1160	-16	разрушение сжатого слоя, пробки из ели сильно сжаты
25	12-с-6	—	10	11	13	14	15	15	—	1280	-6½	скалывание по нейтральному слою
26	15-с-6	—	11	10	11	13	12	10	—	1280	-6½	то же
27	16-с-6	—	12	9	11	15	12	12	—	1250	± 0	разрушение сжатого слоя, где еловые пробки
28	17-с-6	—	12	13	14	18	11	10	—	1410	-12	скалывание по нейтральному слою
29	9-с-4	11	10	12	10	—	—	—	—	1330	+ 9	разрушение по сучку $d = 16$ мм, расположенному в 1-й планке в неопасном сечении
30	4-с-4	14	10	—	—	—	—	—	—	1310	-8½	разрушение по группе сучков планки № 1 за местом приложения нагрузки
31	5-с-4	10	10	10	10	—	—	—	—	1310	-2	разрушение по сучку $d = 15$ мм, расположенному в 1-й планке в неопасном сечении
б) Сучки разбросанные												
32	13-с-6	—	12	10	10	3	10	8	—	930	-13	разрушение не по сучкам
33	14-с-4	—	—	10	10	10	10	—	—	980	-20	разрушение не по сучкам
34	11-с-4	—	—	10	10	10	10	—	—	850	± 0	разрушение не по сучкам

Таблица 5

№ по пор.	Образцы без сучков		Образцы с сучками			Изменение нагрузки $\frac{P'_{\max} - P_{\max}}{P_{\max}} \cdot 100$ \pm %
	Обозначение образцов	Разрушающая нагрузка P_{\max}	Обозначение образцов	Количество сучков	Разрушающая нагрузка P_{\max}	
		тонны			тонны	
37	13-б-к	21,00	13-с-к	4	17,87	-- 11
38	1-б-к	21,50	14-с-к	4	20,20	-- 6
39	11-б-к	18,95	11-с-к	4	18,10	-- 4 1/2
40	15-б-к	19,20	15-с-к	4	18,60	-- 3
41	18-б-к	18,60	18-с-к	4	18,00	-- 3
42	17-б-к	19,40	17-с-к	4	20,00	+ 3
43	10-б-к	19,20	10-с-к	4	20,00	+ 4
44	12-б-к	17,4	12-с-к	4	18,60	+ 7
45	16-б-к	21,00	16-с-к	4	22,00	+ 10
46	19-б-к	20,95	19-с-к	2	17,85	-- 11
47	6-б-к	21,10	6-с-к	2	18,50	-- 12 1/2
48	24-б-к	19,30	24-с-к	2	18,35	-- 5
49	23-б-к	18,07	23-с-к	2	17,25	-- 4 1/2
50	22-б-к	18,50	22-с-к	2	17,80	-- 4
51	20-б-к	18,20	20-с-к	2	17,70	-- 3
52	21-б-к	18,45	21-с-к	2	18,08	-- 2
53	1-с-к	20,00	1-с-к	2	19,70	-- 1 1/2
54	2-б-к	17,70	2-с-к	2	17,40	-- 1 1/2
55	5-б-к	18,20	5-с-к	2	17,90	-- 1 1/2
56	3-б-к	18,30	3-с-к	2	18,20	-- 1/2
57	4-б-к	19,50	4-с-к	2	19,70	+ 1
58	8-б-к	7,80	8-с-к	2	18,10	+ 1 1/2
59	9-б-к	18,50	9-с-к	2	19,20	+ 4
60	7-б-к	21,80	7-с-к	2	23,00	+ 5 1/2

тренных планках, не сказывается, и колебания в нагрузках, в образцах с сучками и без сучков, находятся в пределах неоднородности материала.

2. Поперечный статический изгиб.

Лонжероны для поперечного статического изгиба изготавливались согласно чертежу на фиг. 21.

Испытание производилось на 200-тонном прессе со шкалой в 10 т.

Скорость нагружения 40 кг/см² в минуту. Измерение стрелы прогиба лонжерона производилось в 3 точках в середине длины образца и под ножами.

Установка испытаний на поперечный статический изгиб представлена на фиг. 22.

При испытании лонжеронов двутаврового сечения на поперечный статический изгиб оказалось, что сучки в первых наружных планках резко понижают разрушающую нагрузку, вследствие чего при испытании лонжеронов коробчатого сечения на поперечный статический изгиб сучки в первых наружных планках, как правило, не допускались.

Сучки диаметром от 8 до 13 мм допускались лишь в 4 внутренних планках.

Результаты испытаний приведены в табл. 6.

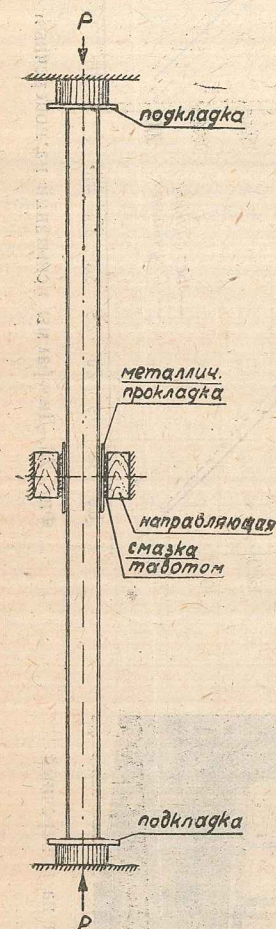
Результаты испытаний, помещенные в табл. 6 и 6а, показали, что сучки не оказывают влияния на разрушающую нагрузку.

Наиболее характерные диаграммы статического поперечного изгиба представлены на фиг. 23.

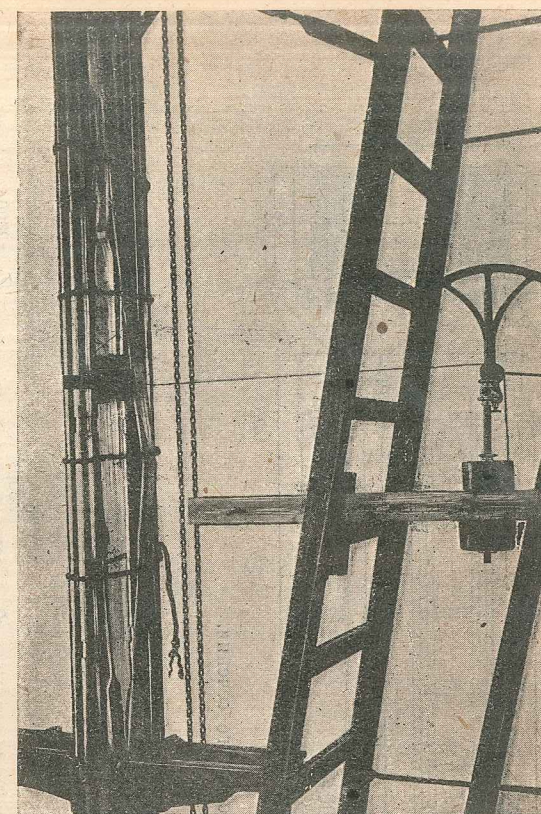
Ввиду того, что при сжатии вдоль волокон отрезков лонжеронов влияние сучков не наблюдалось и что при испытании лонжеронов на поперечный статический изгиб понижения разрушающей нагрузки от наличия сучков не замечалось, испытания на поперечный статический изгиб на этом и были закончены.

Вид наиболее характерных по разрушению образцов представлен на фиг. 24—26.

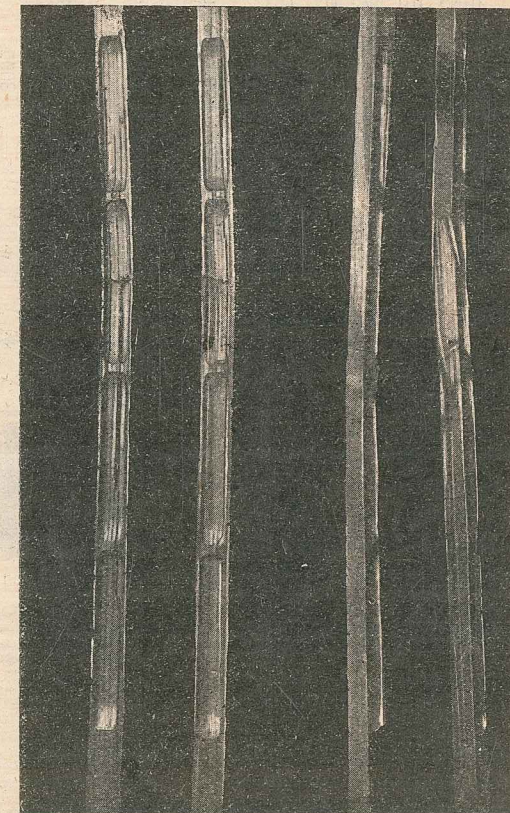
Лонжероны с сучками за № 61—70 соответствуют на фиг. 24—26 лонжеронам за № 1—10.



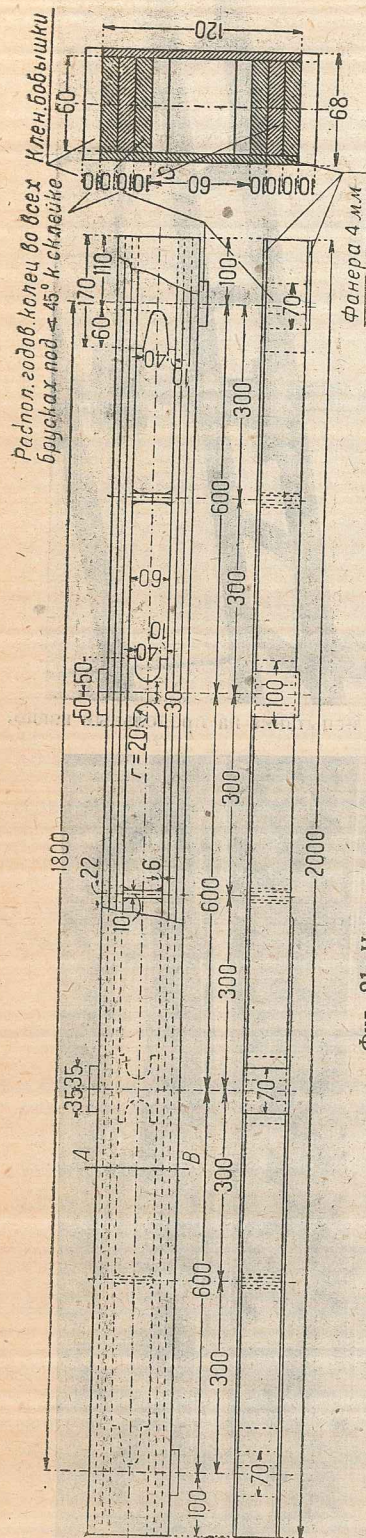
Фиг. 18. Схема испытания на продольный изгиб.



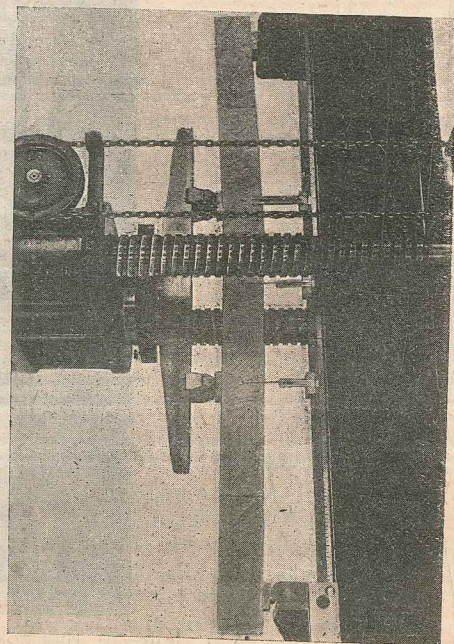
Фиг. 19. Установка для испытания на продольный изгиб.



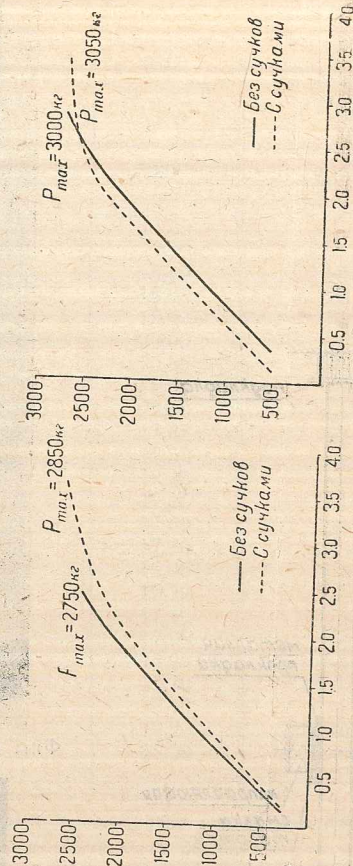
Фиг. 20. Вид лонжеронов после испытания на продольный изгиб.



Фиг. 21. Чертеж лонжерона коробчатого сечения.



Фиг. 22. Установка для испытания на поперечный статический изгиб.



Фиг. 23. Диаграммы испытаний на поперечный статический изгиб.

Таблица 6
Лонжероны без сучков

№ по пор.	Обозначение лонжеронов	Разрушающая нагрузка	Характер разрушения
		P_{max} кг	
63'	3-б-к-4	2 600	разрушение растянутого пояса под ножом
64'	4-б-к-4	2 650	разрушение сжатого пояса
65'	5-б-к-4	2 900	то же
66'	6-б-к-4	2 750	скалывание около нейтрального слоя
69'	9-б-к-4	3 000	разрушение растянутого пояса

Таблица 6а
Лонжероны с сучками

№ по пор.	Обозначение лонжеронов	Место расположения сучка в планке и диаметр в мм						Разрушающая нагрузка кг	Изменение нагрузки	Характер разрушения
		1	2	3	4	5	6			
61	1-с-к-4	—	11	10	12	13	—	2 750	—	разрушение растянутого пояса под сучками
62	2-с-к-4	—	9	9	10	10	—	2 500	—	то же
63	3-с-к-4	—	9	10	12	12	—	2 450	— 6	разрушение сжатого пояса в зоне сучков
64	4-с-к-4	—	11	12	10	11	—	2 480	— 6 1/2	разрушение растянутого пояса
65	5-с-к-4	—	10	10	9	10	—	3 100	+ 7	разрушение сжатого пояса
66	6-с-к-4	—	9	10	8	9	—	2 850	+ 3 1/2	то же
67	7-с-к-4	—	11	12	13	12	—	2 550	—	то же
68	8-с-к-4	—	10	11	12	10	—	2 850	—	то же
69	9-с-к-4	—	9	9	10	10	—	3 050	+ 1 1/2	первоначальное разрушение в растянутом слое под сучками
70	10-с-к-4	—	10	10	9	10	—	2 800	—	окончат. разрушение растянутого пояса под ножом

Лонжероны без сучков за № 63'—66' и 69' соответствуют на фиг. 24—26 лонжеронам за № 36—66 и 96.

3. Продольный изгиб.

Для продольного изгиба лонжероны изготавливались согласно чертежу фиг. 27. Схема нагружения и установка испытаний приведены на фиг. 18 и 19. Испытания производились на 30-тонном прессе Амслера со шкалой в 20 т при скорости нагружения 400 кг/см² в минуту.

Сучки диаметром от 8 до 10 мм допускались только во внутренних планках. Сучки располагались на расстоянии 100—200 мм от середины длины образца.

Результаты испытаний приведены на табл. 7 и 7а.

Как видно из табл. 7 и 7а, при испытании лонжеронов коробчатого сечения длиной 1500 мм на продольный изгиб сучки не оказывают влияния на понижение критической нагрузки.

Измерение степени прогиба прибором Баушингера произведено недостаточно точно, вследствие чего воспользоваться диаграммами не представляется возможным.

Вид лонжеронов с сучками после испытаний представлен на фиг. 28 и без сучков — на фиг. 29.

Выводы.

Полученные результаты испытаний клееных лонжеронов двутаврового и коробчатого сечений из древесины ели с допущением сучков позволяют сделать следующие основные выводы.

Таблица 7
Лонжероны без сучков

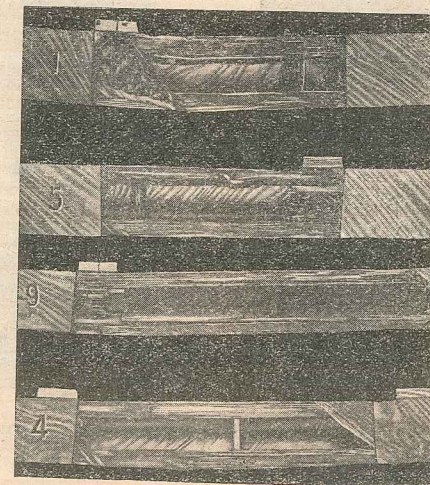
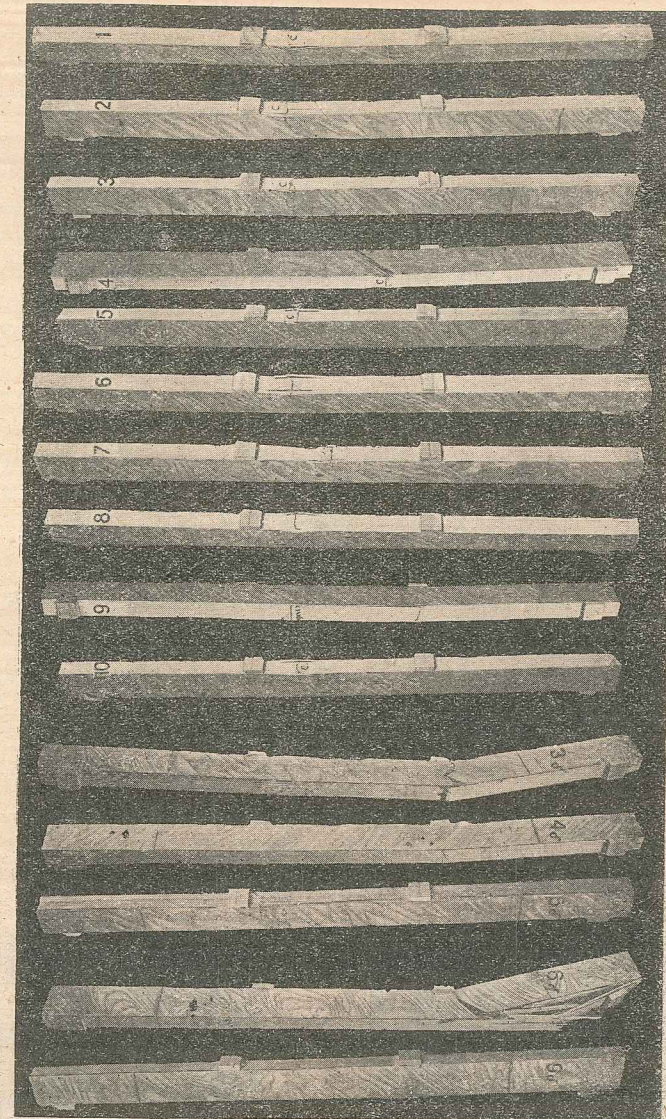
№ по пор.	Обозначение образцов	Критическая нагрузка	Характер разрушения
		$P_{кр}$ тонны	
71'	1-П-6-к	17,4	складки около опор
72'	2-П-6-к	18,5	складки около опор, прогиб одной полки
73'	3-П-6-к	16,2	изгиб в плоскости наименьшей жесткости
74'	4-П-6-к	16,8	складки около опор, разрушение в 270 мм от опор
75'	5-П-6-к	15,5	появление складок около опор, дальнейшее разрушение в 43 мм от опор
76'	6-П-6-к	18,6	складки около опор, изгиб в плоскости наименьшей жесткости
77'	7-П-6-к	16,1	складки в середине длины образца и у опор
78'	8-П-6-к	16,5	складки около опор, разрушение в месте про- смолки

Таблица 7а
Лонжероны с сучками

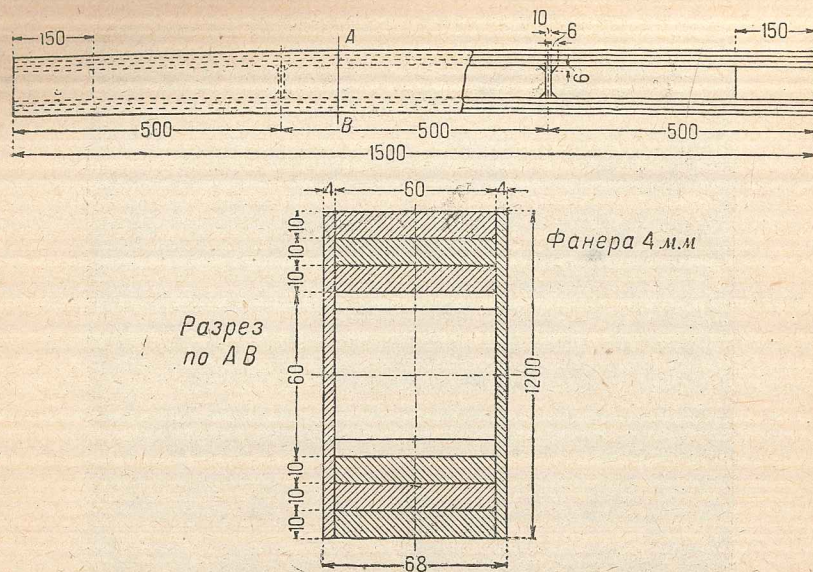
№ по пор.	Обозначение лонжеронов	Место расположе- ния сучков в планках и их диа- метры в мм				Критическая нагрузка $P_{кр}$ кг	Изменение $\frac{P'_{кр} - P_{кр}}{P_{кр}} \cdot 100$ \pm %	Характер разрушения
		2	3	4	5			
71	1-П-к-с	—	10	10	—	17,5	— $\frac{1}{2}$	появление складок около опор, прогиб в плоскости наибольшей жесткости, разрушение не по сучкам
72	2-П-к-с	—	10	10	—	18,2	— $1\frac{1}{2}$	появление складок около середины длины лонжерона, прогиб в плоскости наименьшей жесткости, разрушение не по сучкам
73	3-П-к-с	—	10	10	—	15,4	— $4\frac{1}{2}$	изгиб в плоскости наименьшей жесткости, разрушение в 240 мм от опоры, разрушение не по сучкам
74	4-П-к-с	—	10	10	—	17,7	+ $5\frac{1}{2}$	изгиб в плоскости наименьшей жесткости, разрушение в 220 мм от опоры, разрушение не по сучкам
75	5-П-к-с	8	10	10	9	17,2	+ 11	следы сжатия около опор, разрушение в 100 мм от середины длины лонжерона по сучкам
76	6-П-к-с	10	10	10	10	18,8	+ 1	разрушение по сучкам
77	7-П-к-с	8	10	10	9	16,2	+ $\frac{1}{2}$	складки в середине и в 500 мм от середины длины лонжерона
78	8-П-к-с	10	10	10	10	16,6	+ $\frac{1}{2}$	складки около опор, разрушение не по сучкам

А. Лонжероны двутаврового сечения.

1. При сжатии вдоль волокон отрезков лонжеронов длиной в 150 мм наличие сучков диаметром до 15 мм уменьшает разрушающую нагрузку от $61\frac{1}{2}$ до 43% в зависимости от количества сучков.



Фиг. 24 - 26. Вид лонжеронов после испытания на поперечный статический изгиб.

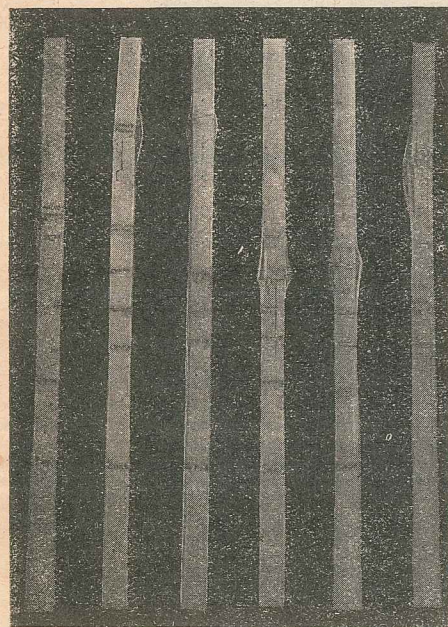


Фиг. 27. Чертеж лонжерона коробчатого сечения для испытания на продольный изгиб.

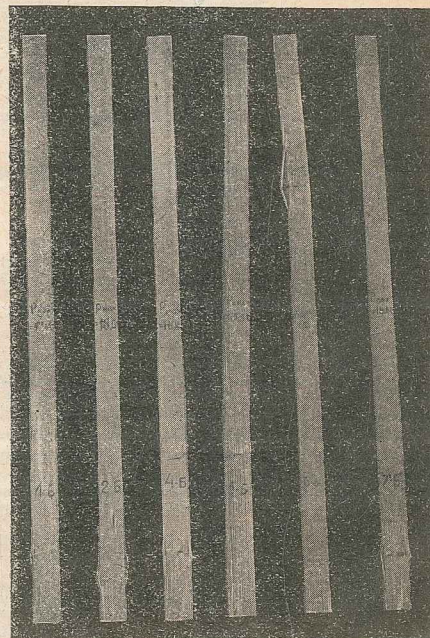
2. При статическом поперечном изгибе лонжеронов длиной в 2400 мм наличие сучков диаметром до 15 мм понижает разрушающую нагрузку до 20% в зависимости от расположения сучков по высоте лонжерона.

3. При продольном изгибе лонжеронов длиной в 2400 мм разрушение происходит по сучкам с понижением разрушающей нагрузки до 8%.

Понижение разрушающей нагрузки в лонжеронах двутаврового сечения может быть отнесено за счет формы сечения лонжерона; так как сучки диаметром от 8 до 12 мм, расположенные в стенке (толщиной 13 мм) сечения лонжерона, прохо-



Фиг. 28. Вид лонжеронов с сучками после испытания на продольный изгиб.



Фиг. 29. Вид лонжеронов без сучков после испытания на продольный изгиб.

дили почти через все сечение (12×13 мм) отдельной планки лонжерона и тем самым в сильной степени ослабляли сечение, то поэтому указанное двутавровое сечение лонжерона при применении древесины с сучками необходимо считать неудачным.

Б. Лонжероны коробчатого сечения.

При расположении сучков во внутренних планках лонжерона (в наружных сучки не допускались) таковые не оказывают влияния на понижение разрушающей нагрузки при следующих видах механической нагрузки:

- а) сжатие вдоль волокон,
- б) поперечный статический изгиб,
- в) продольный статический изгиб.

Имеющиеся колебания в результатах испытаний могут быть отнесены за счет неоднородности материала.

Закключение.

В склеенных из древесины или лонжеронах двутаврового сечения сучки понижают разрушающую нагрузку, а потому древесина или с сучками и не может быть допущена.

Совсем иначе обстоит дело со склеенными из древесины или лонжеронами коробчатого сечения, где наличие сучков (во внутренних планках) не уменьшает разрушающей нагрузки, если имеет место:

- а) горизонтальная склейка планок,
- б) направление годовых слоев под углом в 45° к плоскости склейки,
- в) крепость склейки на скалывание выше крепости древесины,
- г) тщательно высверленные сучки и вставленные (вплотную) на их место пробки из древесины твердых пород (белый бук, клен и др.) на казеиновом клее.

Abstract.

In order as to ascertain the possibility of usage of knotty wood in aeroplane-construction—the investigations of the influence of knots on mechanical properties of pine (*Pinus silvestris*) and spruce (*Picea excelsa*) wood in small samples of solid cross-section and in glued samples of wing-spar-type were included in the program of the Testing Department of Aircraft Materials and Constructions of the Central Aero-Hydrodynamical Institute.

The first part of this work was completed and included in the Transaction of the Central Aero-Hydrodynamical Institute¹.

Initial experiments with glued samples of pine proved the following:

1. Sound intergrown knots are situated within the radius of 30–50 mm, i. e. in the small innermost part of the trunk. This part must be unavoidably thrown in the waste owing to the presence pith, weak wood, shakes and concentration of knots.

2. Loose knots of pine in majority of cases have not a clean break and therefore during the process of cicatrization the distortion of grains with abundant resin content takes place penetrating far radially. Consequently it makes it impossible to insert plugs without infracting the wholeness of surrounding wood.

Taking in consideration primary findings of previous works it was necessary to leave aside the investigations of the influence of knots on mechanical properties of glued pine samples and concentrate only on investigation of glued spruce samples with knots.

The work consisted of testing the glued spar-type samples of I and Box cross-sections including both sound and loose knots, the later being substituted by hard-wood plugs on casein glue.

The diagram of cross-section of spars is shown on the drawing (Fig. 30).

Results, obtained from testing the glued spars of I and Box cross-sections made of spruce with knots, make possible the following deductions.

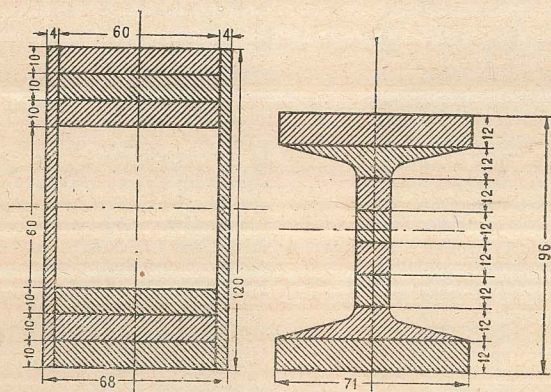


Fig. 30. Section of spars.

¹ N. N. Bourakov, Influence of knots on mechanical properties of pine and spruce. Transactions of the Central Aero-Hydrodynamical Institute, № 60.

A. Spars of I cross-section.

1. At compression parallel to grains of spar-type samples with the length of 150 mm—the presence of knots with the diameter of 15 mm decreases the maximum breaking load from 10 to 43% according to the number of knots.

2. At statical cross-bending of spars of 2400 mm the presence of knots of the diameter of 15 mm decreases the breaking load up to 20% according to the position of knots as taken to the height of the spar.

3. At lateral bending of spars of the length of 2400 mm the breaks appear at the places of situation of knots with the decrease of maximum breaking load up to 8%.

The decrease of the breaking load of I-spars can be accounted for by the form of cross-section of the spars, as the knots with the diameter of 8–12 mm situated in the web (thickness of which is 13 mm), passed almost through the whole of the section (12×13 mm) of each separate lamination of the spar and thus weakened the section to a great extent.

Therefore the above mentioned I cross-section of the spar must be considered as unacceptable when using the knotty wood.

B. Spars of Box cross-section.

The presence of knots in the inside laminations of the spar (there were none in the outside laminations) bears no influence on the breaking load at the following loads:

- compression parallel to grain,
- statical cross-bending,
- statical lateral bending.

Variations in the results of tests may be taken as consequent to the non-homogeneity of materials.

Summary.

A. In the glued spruce spars of I cross-section the breaking load is decreased due the presence of knots.

B. In the glued spruce spars of Box cross-section having:

- horizontal glueing of laminations,
- directions of annual rings at the angle of 45° to the plane of glueing,
- the shearing of glued joint being above that of the wood,
- carefully drilled out knots substituted by hard-wood plugs (maple, ash etc.)

on casein glue, the presence of knots in the inside laminations does not diminish the breaking load.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
I. Древесина	6
II. Клей	10
III. Изготовление лонжеронов	11
IV. Механические испытания	11
V. Результаты механических испытаний клееных лонжеронов	11
Выводы	23
Заключение	27
Abstract	28

Т Р У Д Ы

Центрального Аэро-гидродинамического института, вышедшие
из печати в 1930—1932 гг.

(Москва, ул. Радио, 17)

49. В. П. Горский и А. Н. Журавченко. Аэродинамические исследования по оперению самолетов. 1930.
50. П. А. Вальтер. Основания гидродинамической теории камер, подводящих воду к турбине. Ч. II. 1930.
51. Б. Я. Кузнецов. Лобовое сопротивление мотоцикла. 1929.
52. В. Т. Бовин и Л. И. Пашевский. Результаты опытов по изучению условий подхода к шлюзу в нижнем бьефе Днепровской гидроэлектростанции. 1930.
53. В. Т. Бовин и Л. И. Пашевский. Исследование условий, влияющих на режим потока в области низового потока к шлюзу Днепровской гидроэлектростанции. 1930.
54. В. Т. Бовин. Гидравлическая лаборатория. 1930.
55. Ф. Г. Гласс. Индукция трубы. Экспериментальное исследование 1930.
56. Г. Г. Кульман. Аэродинамическое сопротивление лошади. 1930.
57. В. М. Келлер. О методах подсчета энергии ветра и ее использовании. 1930.
58. П. П. Красильщиков. Влияние шайб на аэродинамические характеристики крыла. 1930.
59. Г. В. Акимов. Исследование холоднокатаной стали. V 2A. 1930.
60. Н. Н. Бураков. Влияние сучков на механические свойства древесины сосны и ели. 1930.
61. И. Ф. Андреев. Исследование аэроплановых тканей, покрытых аэролаком. 1930.
62. Е. И. Савков. Исследование физико-механических свойств древесины сосны. 1930.
63. К. К. Федяевский. Влияние градиента статического давления на увеличение лобового сопротивления. 1930.
64. В. П. Ветчинкин. Астрономические аэронавигационные приборы системы В. П. Ветчинкина и А. П. Волохова. 1931.
65. П. П. Красильщиков. О точности аэродинамических испытаний. 1931.
66. Н. А. Соколов. Вибрация сжатых и растянутых стержней. 1931.
67. А. К. Мартынов. Лобовое сопротивление фюзеляжа. Сравнительные испытания фюзеляжа и его моделей. 1931.
68. П. А. Вальтер. Основания гидродинамической теории камер, подводящих воду к турбине. Ч. III. 1931.
69. Н. Н. Бураков. Зависимость крепости клеевого соединения от смолистости сосны. 1931.
70. Г. В. Акимов. Коррозия легких алюминиевых сплавов в контакте с другими металлами.

Т Р У Д Ы

Центрального Аэро-гидродинамического института, вышедшие
из печати в 1930—1932 гг.

(Москва, ул. Радио, 17)

71. Е. Ф. Бахметев. Структурные изменения дуралюмина в зависимости от деформирования растяжением. 1931.
72. В. О. Крениг. Коррозия дуралюмина в зависимости от его химического состава. 1931.
73. Н. Н. Чулицкий. Исследование физико-механических свойств древесины сосны. II. 1931.
74. В. П. Ветчинкин. Маятниковые динамометры для измерения средних величин переменных нагрузок. 1931.
75. В. П. Ветчинкин и Н. Б. Зволинский. 1. Критическая угловая скорость растянутого вала. 2. Способы определения усилий в тросах и канатах. 1931.
76. Я. И. Секерж-Зенькович и В. П. Ветчинкин. 1. К расчету на устройство листа фанеры как анизотропной пластинки. 2. Об устойчивости цилиндрических пластинок при изгибе. 1931.
77. Н. Ф. Бочаров. Техника склеивания дерева казеиновыми клеями.
78. А. Н. Флаксерман. Влияние наклона волокон на механические свойства древесины сосны.
79. Г. А. Сафронов и А. Н. Флаксерман. Исследование физико-механических свойств древесины ясеня, березы и клена. I. 1931.
80. И. Г. Шульгин. Исследование алюминиевых труб. 1931.
81. И. Г. Шульгин. Исследование дуралюминовых заклепок. 1931.
82. И. Ф. Андреев. Ацетиленовые лаки (их получение и свойства). 1931.
83. И. Г. Шульгин. Исследование дуралюминовой проволоки. 1931.
84. А. И. Некрасов. Диффузия вихря. 1931.
86. И. А. Резунов. Влияние надстроек на верхней поверхности крыла на его аэродинамические характеристики. 1931.
87. Б. Н. Егоров и В. А. Кузнецов. I. Исследование работ винтов тандем в присутствии крыла. II. Приложение вихревой теории к расчету заднего винта комбинации тандем.
Б. Н. Егоров. Сравнительные испытания винта в разных трубах. 1931.
88. Е. С. Тихонов. Исследование минеральных красок и лаков, применяемых в металлическом авиационном строении. 1931.
89. И. И. Сидорин и И. Ф. Голубев. О смолистости сосны и ели и о количественном определении смолы в древесине хвойных. 1931.
90. Г. В. Акимов. Газовая коррозия углеродистых сталей при высоких температурах. 1931.
91. В. О. Крениг. Коррозия литых алюминиевых сплавов, ч. I. 1931.
92. Сочинения Н. Е. Жуковского. Т. II, вып. I.

Т Р У Д Ы

Центрального Аэро-гидродинамического института, вышедшие
из печати в 1930—1932 гг.

(Москва, ул. Радио, 17)

93. А. В. Раковский. Методы склеивания фанеры сухим горячим способом. Г. А. Сафронов. Исследование многослойной березовой фанеры. 1931.
94. А. Н. Журавченко и А. И. Никитюк. О мере статической предельной устойчивости самолета. А. И. Никитюк. К расчету моментов инерции самолетов. 1931.
95. Сочинения Н. Е. Жуковского. Т. II, вып. 4. 1931.
96. В. О. Крениг. Влияние железа на свойства дуралюмина. 1931.
97. Б. Я. Кузнецов. Лобовое сопротивление тросов, проволок, тандемов и авиационных лент. 1931.
98. Б. Я. Кузнецов. Аэродинамические исследования цилиндров. 1931.
99. Атлас профилей. 1931.
100. Н. В. Лебедев. Экспериментальное исследование с моделями парашютов. 1931.
101. Н. В. Лебедев. Экспериментальное исследование с моделями дирижаблей. 1931.
102. Г. В. Акимов и В. О. Крениг. Защита алюминиевых сплавов от коррозии. 1931.
103. Сборник аэродинамических исследований. 1932.
104. Г. Х. Сабинин. Теория и аэродинамический расчет ветряных двигателей. 1932.
105. И. С. А. Чаплыгин и Н. С. Аржаников. К теории отрыва и закрылка. П. П. Красильщиков. Исследования по разрезным крыльям с закрытком. 1932.
107. Е. И. Савков и Г. В. Мухин. Исследование модуля упругости древесины сосны. 1931.
108. В. В. Голубев. Теория крыла аэроплана конечного размаха. 1932.
109. Е. Ф. Бахметев. Холоднокатаный дуралюмин. 1932.
110. Е. Ф. Бахметев. Рентгеноанализ штамповок из легких алюминиевых сплавов. 1932.
111. П. А. Вальтер. Об устойчивости вихревого движения в диффузоре Каплана. 1931.
114. И. Р. Шульгин. Исследование упругой и пластической деформации дуралюминовых листов при загибе. 1932.
119. С. А. Ноздровский. Термобарокамера. 1932.
122. Н. Н. Чулицкий. Исследование водопроницаемости и водопоглощаемости древесины различных пород. 1932.
127. А. И. Изаксон и Д. И. Антонов. Работа воздушных винтов с элеронами на режиме авторотации. 1932.

USSR

PEOPLE'S COMMISSARIAT OF HEAVY INDUSTRY
THE MAIN BOARD OF AIRCRAFT INDUSTRY

Transaction of the Central Aero-Hydrodynamical Institute

No 138

TESTS OF SPAR-TYPE SAMPLES OF SPRUCE

by

N. N. Bourakov

MOSCOW — 1932