

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР**

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

На правах рукописи

В. О. МИРЕЦКИЙ

**ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ
ВОПРОСОВ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ
В ЖИДКОСТИ**

(Специальность 05.420. Машины, механизмы и технология
лесоразработок, лесозаготовок и лесного хозяйства)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

**Москва
1969**

634.98
М-63

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

На правах рукописи



В. О. МИРЕЦКИЙ

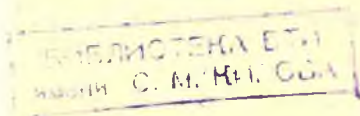


2207 ар

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ
ВОПРОСОВ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ
В ЖИДКОСТИ

(Специальность 05.420. Машины, механизмы и технология
лесоразработок, лесозаготовок и лесного хозяйства)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва
1969

Работа выполнена в Центральном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ). Исследования физических процессов при электрических разрядах в жидкости проведены в лаборатории кафедры техники высоких напряжений Московского ордена Ленина энергетического института. Исследования процесса окорки древесины электрическими разрядами в жидкости проведены на экспериментальной установке, смонтированной на лесокомбинате «Осмолада» треста «Прикарпатлес».

Научный руководитель — кандидат технических наук
В. Г. Югов.

Научный консультант — кандидат технических наук
И. П. Кужекни.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Д. К. Воевода.

кандидат технических наук, доцент Г. Д. Шумилин.

Ведущая организация — Карельский научно-исследовательский институт лесной промышленности.

Автореферат разослан „ ____ “ _____ 19 г.

Защита диссертации состоится „ ____ “ _____ 19 г.
на заседании Ученого совета Белорусского технологического института им. С. М. Кирова, г. Минск, ул. Свердлова, 13
4 корпус, ауд. 220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь совета

Директивами XXIII съезда КПСС и постановлением ЦК КПСС «О развитии лесозаготовительной промышленности в 1966—1970 гг.» определено основное направление развития лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности нашей страны—наиболее полно удовлетворять разносторонние потребности народного хозяйства в древесине и продуктах ее переработки при небольшом росте объема лесозаготовок. Обращается особое внимание на правильное использование древесины в народном хозяйстве страны, на исключение непроизводительных потерь ее во время переработки, на полное использование отходов лесопиления и деревообработки в качестве вторичного сырья для выработки продукции целлюлозно-бумажной, лесохимической и гидролизной промышленности, для производства картона и древесных плит. Важную роль в решении этого вопроса играет окорка древесины, которая необходима в процессе подготовки сырья для деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, горно-рудной, химической и других отраслей промышленности.

В частаящее время наиболее перспективными считаются окорочные станки с тупыми короснимателями. Большая работа, проделанная многими организациями по разработке и усовершенствованию этих станков, позволяет считать практически решенным вопрос окорки древесины хвойных пород как в летнее время, так и в зимнее. Правда, в зимнее время производительность этих станков заметно снижается, а потери древесины достигают 2—3%. Что же касается лиственной древесины, особенно березы, то ее окорка станками ОК в значительной степени затруднена, особенно в зимнее время.

Неудовлетворительно окачивают данные станки сухую древесину всех пород, низкокачественную древесину. Не выяснена возможность окорки древесины твердолиственных пород—бука, дуба, граба и др.

Другим видом окорочного оборудования, находящим широкое применение преимущественно на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности, являются окорочные барабаны и бункерные машины. Однако и этому оборудованию присущ ряд недостатков, основными из которых являются: невозможность окорки подсушенной и мерзлой древесины без

смачивания горячей водой, недостаточно высокое качество окорки, наличие потерь древесины, необходимость подсортировки баланса по диаметру и др.

Все это говорит о том, что вопрос окорки древесины и на сегодняшний день относится к числу проблемных, требующих дальнейшего изучения. Поэтому, наряду с совершенствованием существующего окорочного оборудования, большое значение приобретает поиск новых способов окорки древесины.

Одним из таких способов является электрогидравлический, исследованию которого посвящена настоящая работа.

В основе данного способа лежит использование для целей окорки механического действия ударных волн и других факторов, возникающих при высоковольтном электрическом разряде в жидкости. Электрическая энергия, запасаемая в конденсаторной батарее, за короткое время выделяется в канале разряда, причем плотность энергии в канале может превосходить плотность энергии при взрывах обычных взрывчатых веществ, а давление ударной волны достигает десятков тысяч атмосфер.

Приведенное объясняет большой интерес, проявляемый как в нашей стране, так и за рубежом, к разряду в жидкости, как к методу создания больших ударных нагрузок в различных устройствах. В настоящее время явления, возникающие при высоковольтном импульсном разряде в жидкости, используются в промышленных условиях для выполнения различных технологических операций.

Настоящая работа посвящена исследованию основных закономерностей окорки древесины электрическими разрядами в жидкости, основных параметров, необходимых для конструирования и эксплуатации электрогидравлических окорочных машин.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и выводов.

В первой главе дан краткий анализ существующих способов окорки древесины, отмечаются их достоинства и недостатки.

Во второй главе проведен теоретический анализ процесса окорки древесины электрическими разрядами в жидкости. Приводятся также данные экспериментальных исследований физических процессов при электрических разрядах в жидкости в условиях электрогидравлической окорки древесины.

В третьей главе изложена методика экспериментальных исследований.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований механических свойств коры, влияющих на процесс окорки древесины исследуемым способом.

В пятой главе изложены результаты экспериментальных исследований процесса окорки древесины электрическими разрядами в жидкости.

В шестой главе приводятся результаты расчета основных технико-экономических показателей окорки древесины электрическими разрядами в жидкости, даются рекомендации по областям применения этого способа окорки и приводятся основные требования к промышленным установкам.

В выводах подведены итоги работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ В ЖИДКОСТИ ПРИ ОКОРКЕ ДРЕВЕСИНЫ

При окорке древесины электрическими разрядами в жидкости на кору воздействуют различные разрушающие факторы, возникающие при разряде: ударная волна, вторичные волны давления, возникающие при пульсациях газопаровой полости, расходящийся поток жидкости и кавитационные явления.

Процессы, происходящие при этом, крайне сложны, поэтому при аналитическом исследовании основных параметров окорки сделан ряд допущений.

Расчет проводился на основе сравнения энергетических показателей: энергия ударной волны, воздействующей на единичную площадку коры, сравнивалась с работой, затрачиваемой на скалывание коры относительно древесины. Эта величина, названная удельной работой скалывания, определена экспериментальным путем, с помощью маятникового копра.

В результате аналитического исследования выведена формула для расчета основных электрических параметров окорки в зависимости от заданной величины зоны окорки, расстояния от электродов до бревна и величины удельной работы скалывания коры относительно древесины:

$$C = \left(\frac{M \cdot A_r}{\eta_{\text{ак}} \cdot \eta_p \cdot U^{0,4} \cdot L^{0,3}} \right)^{1,4},$$

где

$$M = \frac{1,32 \cdot 10^{-6} \cdot \pi}{\text{arc tg} \frac{s^2}{s^2 + \frac{b}{2} \left(\frac{b}{2} - 1 \right)}};$$

Здесь

C, L — емкость и индуктивность разрядного контура,

U — напряжение установки;

- l_k — длина рабочего искрового промежутка;
 s — расстояние от электродов до бревна;
 b — ширина зоны окорки, образующейся в результате одного разряда;
 A_τ — удельная работа скалывания;
 $\eta_{\text{иск}}$ — электроакустический к. п. д. искрового разряда в воде;
 η_p — к. п. д. выделения энергии в искровом канале по отношению к запасенной в конденсаторе.

Расчет показывает, что для осуществления окорки древесины необходимо иметь параметры разрядного контура:

емкость	$C = 1-4 \text{ мкф};$
напряжение	$U = 30-50 \text{ кв};$
запасенная энергия	$\mathcal{E} = 0,6-3 \text{ кдж};$
длина рабочего промежутка	$l_k = 2,5-7,0 \text{ см}.$

Данные параметры являются ориентировочными, требующими уточнения путем экспериментов с образцами древесины различных пород и состояний.

Для выяснения особенностей протекания электрических разрядов в жидкости в условиях электрогидравлической окорки древесины были проведены осциллографические исследования и скоростная фотосъемка процесса разряда. При проведении исследований использовался импульсный осциллограф ОК-17М и скоростной фоторегистратор СФР-2М. Для наблюдения за развитием ударной волны и газового пузыря использовалась теневая скоростная фотосъемка.

Проведенные эксперименты позволили установить ряд особенностей в протекании импульсных электрических разрядов в условиях окорки древесины, а также показали, что наличие образца древесины вблизи электродов не вносит существенного влияния в ход развития процесса разряда.

Данные осциллографических исследований позволили, используя формулы В. В. Арсентьева, А. И. Иоффе, И. З. Окуня, а также выведенные нами уравнения для расчета давления отраженной от древесины волны, определить основные параметры канала разряда и ударной волны при скорке древесины электрическими разрядами в жидкости.

Величины скорости расширения канала разряда и распространения ударной волны, определенные из СФР-ограмм, хорошо согласуются с расчетным значением.

Анализ влияния механических свойств коры на процесс электрогидравлической окорки показывает, что наибольшее влияние будут оказывать два фактора: силы сцепления коры

с древесной и вязкость либо хрупкость коры, определяющиеся, как известно, величиной удельной работы при ударном изгибе.

Проведенный анализ основных положений теории электрических разрядов в жидкости применительно к электрогидравлической окорке древесины позволил сформулировать основные задачи экспериментального исследования:

1. Определение величины удельной работы при ударном изгибе коры для различных условий, а также изучение механических свойств коры тех из исследуемых пород, данных по которым нет в литературе.

2. Определение оптимальной длины рабочего искрового промежутка при различных сочетаниях емкости и напряжения.

3. Исследование зависимости процесса окорки древесины различных пород и состояний от следующих факторов:

а) расположения электродов относительно бревна и расстояния от электродов до бревна;

б) электрических параметров (емкости и напряжения);

в) скорости подачи электродов относительно бревна и частоты импульсов;

г) предварительных механических повреждений коры;

д) диаметра древесины.

На основе полученных данных выполняется расчет некоторых экономических показателей электрогидравлического способа окорки древесины и сравнение его с существующими способами окорки.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования процесса окорки древесины электрическими разрядами в жидкости была создана специальная экспериментальная установка, принципиальная электрическая схема которой приведена на рис. 1.

Основные параметры установки были приняты в соответствии с результатами теоретических исследований.

Емкость каждого конденсатора — 2 мкф, напряжение установки может регулироваться в пределах 0—70 кв.

Технологический блок представляет из себя ванну, в которой закрепляется образец длиной 2 м и диаметром до 30 см. Электроды устанавливаются на каретке, перемещающейся вдоль бревна. Предусмотрена возможность регулирования в широких пределах длины рабочего искрового промежутка и расстояния от электродов до бревна.

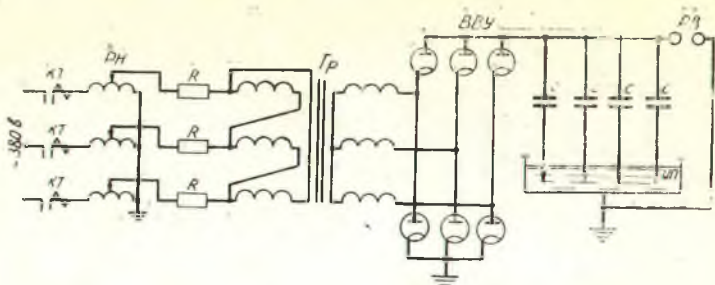


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема экспериментальной установки:

КТ — контактор; РН — регулятор напряжения; R — токоограничивающие сопротивления; Тр — повышающий трансформатор; ВВУ — высоковольтный выпрямитель; С — импульсные конденсаторы; РВ — воздушный разрядник; ИП — рабочие искровые промежутки.

Управление установкой осуществляется с пульта, на который вынесены также приборы контроля параметров установки.

Исследованиям по окорке электрогидравлическим способом подвергались образцы древесины 4-х пород — ели, березы, осины и бука, при различных состояниях: свежесрубленная заготовки июня и сентября, сплавная, подсушенная (при влажности коры ели до 32%, березы — 41%, осины — 54%, бука — 49%), мерзлая (при $t = -5-6^{\circ}\text{C}$ и $-15-17^{\circ}\text{C}$), талая.

Механические свойства коры исследовались только для бука, так как для остальных пород такие данные имеются в литературе. Исследовалась толщина коры при различных диаметрах, пределы прочности коры при растяжении, сжатии и скалывании относительно древесины. Исследования проводились на универсальном гидравлическом прессе.

Испытаниям на ударный изгиб подвергались образцы коры четырех исследуемых пород. Испытания проводились на маятниковом копре МК-0,5 с запасом энергии 0,5 кгс. м.

Исследовалась зависимость величины удельной работы при ударном изгибе от влажности коры (что соответствует окорке свежесрубленной и подсушенной древесины) и от отрицательной температуры (что соответствует окорке мерзлой древесины).

При проведении экспериментов по электрогидравлической окорке древесины в качестве основного метода исследования принято определение зон окорки при неподвижном электроде и числе импульсов $n = 5$, и ширины полосы окорки при перемещающемся вдоль бревна электроде.

Исключением явились опыты по определению оптимального искрового промежутка, которое производилось путем осциллографирования токов и напряжений при разряде.

В соответствии с данными исследований ряда авторов промежуток считался оптимальным в том случае, когда разряд носил колебательный характер, близкий к критическому.

При исследовании различных факторов, влияющих на процесс окорки, произошло их разделение на переменные, которые подлежали исследованию, и постоянные, которые в опытах оставались неизменными. В свою очередь переменные факторы разделялись на независимые и зависимые переменные.

Проводились следующие серии опытов (табл. 1):

- 1) определение оптимального искрового промежутка при различных сочетаниях емкости и напряжения;
- 2) определение оптимального расстояния от электродов до бревна;
- 3) определение оптимальных электрических параметров установки;
- 4) исследование влияния различного вида надрезов коры на процесс окорки;
- 5) исследование технологических параметров установки;
- 6) исследование влияния диаметра бревен на процесс окорки.

Следует отметить, что при исследовании технологических параметров окорки в качестве независимого переменного фактора принято расстояние, пройденное электродом за промежуток времени между двумя очередными импульсами. Эта величина, названная условно скоростью подачи в «миллиметрах на импульс» (мм/имп), связывает между собой скорость в *м/мин* и частоту чередования импульсов соотношением:

$$v_m = 0,06 \cdot v \cdot f,$$

где

v_m — скорость подачи в *м/мин*;

v — скорость подачи в *мм/имп*;

f — частота импульсов в *имп/сек*.

Число наблюдений в опыте устанавливалось, исходя из показателя точности и коэффициента вариации. Всего проведено 2540 наблюдений по исследованию физико-механических свойств коры (12—40 наблюдений в опыте) и 2660 наблюдений по исследованию процесса электрогидравлической окорки (6 наблюдений в опыте). Данные экспериментальных исследований обрабатывались методами математической статистики. Показатель точности принимался $p = 5\%$.

Таблица I
Разделение факторов на постоянные и переменные при проведении исследований по электрогидравлической окорке древесины

Серия опытов	Исследуемая зависимость	Характеристика опытов	Постоянные факторы	Независимые переменные факторы	Зависимые переменные факторы
I	$I_{к\text{ опт}} = f(C, U)$	Осциллографирование токов и напряжений при разряде	—	$C, U, I_{к}$	$I_{к\text{ опт}}$
II	$l, b = f(s)$	Электрод неподвижен, $n = 5$	C, U, D	s	l, b
III	$l, b = f(U)$	« « « «	s, D	C, U	l, b
IV	Влияние надрезов на величину l, b	« « « «	C, U, s, D	Различные виды надрезов	l, b
V	$B = f(v)$	Электрод движется вдоль бревна	C, U, s, D	v	B
VI	$B = f(D)$	« « « «	C, U, s	v, D	B

Обозначения в таблице:

C, U — емкость (мкф) и напряжение (кв) разрядного контура;

$I_{к}$ — длина рабочего искрового промежутка, см;

s — расстояние от электродов до бревна, см;

D — диаметр древесины, см;

v — скорость подачи, мм/мин;

l, b — длина и ширина зоны окорки при неподвижном электроде, см;

B — ширина полосы окорки при перемещающемся электроде, см.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Механические свойства коры, влияющие на процесс окорки древесины электрическими разрядами в жидкости

Механические свойства коры бука

Исследования показали, что толщина коры бука меньше толщины коры других пород: по сравнению с елью — на 20—30%, по сравнению с березой и осиной — в 1,6—2,0 раза*.

Исследование зависимости от влажности пределов прочности коры бука на растяжение, сжатие и скалывание относительно древесины показало, что для коры бука справедливы те же закономерности, что и для других пород: при уменьшении влажности происходит резкое увеличение указанных пределов прочности.

Зависимости механических свойств коры бука от влажности связаны между собой уравнениями показательной функции:

$$\sigma = a \cdot W^a, \quad \tau_{ск} = m \cdot W^k,$$

где

σ — предел прочности при растяжении и сжатии, кгс/см²;

$\tau_{ск}$ — предел прочности при скалывании коры относительно древесины, кгс/см²;

W — абсолютная влажность коры в %;

a, b, m, k — числовые коэффициенты (табл. 2).

Таблица 2

Вид деформации	Коэффициенты			
	a	b	m	k
Растяжение вдоль волокон	196	—0,56	—	—
Растяжение поперек волокон	153	—0,875	—	—
Сжатие в радиальном направлении	136	—0,40	—	—
Сжатие в тангентальном направлении	254	—0,704	—	—
Скалывание для древесины заготовки июня	—	—	$11,4 \times 10^3$	—1,94
Скалывание для древесины заготовки сентября	—	—	$2,32 \times 10^3$	—1,38

* Толщина коры, так же как и другие механические свойства коры бука, изучалась для образцов древесины, подвергавшихся исследованию по электрогидравлической окорке древесины. Образцы заготавливались из молодой древесины бука, в связи с чем механические свойства определялись для древесины диаметром от 13 до 32 см.

Сравнение полученных данных с имеющимися данными для других пород показывает, что механические свойства коры бука ниже, чем коры ели, березы и осины. Так, предел прочности при растяжении коры бука в 3,0—4,5 раза, в прочности в 1,2—1,8 раза меньше, чем коры ели и осины. Предел прочности на скалывание коры свежесрубленного бука летней заготовки и ели аналогичного состояния и времени заготовки примерно одинаков и в 5 раз больше, чем у березы. В остальных случаях эта величина для бука больше на 20—25%, чем для ели, березы и осины.

Испытание коры различных пород на ударный изгиб

Исследовалась зависимость величины удельной работы при ударном изгибе коры ели, березы, осины и бука от влажности и отрицательной температуры.

Результаты исследований при различной влажности коры показали, что при уменьшении влажности величина удельной работы при ударном изгибе снижается. Это объясняется повышением хрупкости коры при уменьшении количества содержащейся в коре влаги. При испытаниях коры ели излом происходил при влажности 25% и ниже. При большей влажности кора ели обладает очень большой вязкостью, в связи с чем при испытаниях образцы коры сгибались и про- скакивали вместе с молотом копра, не ломаясь.

Испытания мерзлой коры показали, что при снижении температуры ниже 0°C удельная работа при ударном изгибе уменьшается довольно резко. Это объясняется переходом имеющейся в коре свободной и капиллярной влаги в состояние льда, в связи с чем повышается хрупкость коры. Излом мерзлой коры ели происходит при температуре —12°C и ниже.

Исследования показали, что полученные зависимости величины удельной работы при ударном изгибе от влажности и температуры связаны между собой уравнениями:

$$A = (a \cdot W + b) \cdot 10^{-2},$$

$$A = m (t + 10)^k \cdot 10^{-2},$$

где

A — удельная работа при ударном изгибе, кгс.м/см³;

W — влажность коры;

t — температура, °C (в формуле абсолютное значение температуры);

a, b, m, k — числовые коэффициенты (табл. 3).

Таблица 3

Породы	Положение оси образца	Коэффициенты			
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>m</i>	<i>k</i>
ель	вдоль волокон	0,084	6,7	—	—
	поперек волокон	0,024	5,0	—	—
береза	вдоль волокон	0,138	1,3	16,2	-0,149
	поперек волокон	0,104	2,9	40,2	-0,575
осина	вдоль волокон	0,062	2,3	18,7	-0,308
	поперек волокон	0,0245	1,4	7,68	-0,342
бук	вдоль волокон	0,165	0,7	51,1	-0,524
	поперек волокон	0,054	2,6	14,3	-0,425

Основные параметры и закономерности окорки древесины электрическими разрядами в жидкости

Оптимальная длина рабочего искрового промежутка, определенная методом осциллографирования токов и напряжений при разряде конденсатора, лежит в пределах 2—5 см при параметрах разрядного контура $C = 1-4$ мкф, $U = 20-60$ кв.

Опыты по определению оптимального расстояния от электродов до бревна проводились при неподвижных электродах и бревне и числе импульсов $n = 5$. Характерные зависимости длины и ширины зон окорки от расстояния между электродами и бревном, полученные в опытах на образцах свежесрубленной древесины заготовки июня, приведены на рис. 2. Эти зависимости имеют явно выраженный максимум зон окорки, который имеет место при $s = 10$ мм для бука и $s = 15$ мм для березы и осины. Эти расстояния являются оптимальными для указанных пород. Для других состояний древесины получены аналогичные зависимости. При этом установлено, что для ели во всех случаях $s = 15$ мм; для бука $s = 10$ мм; для березы и осины свежесрубленной и сплавной $s = 15$ мм, подсушенной, мерзлой и талой — 10 мм.

Исследование оптимальных электрических параметров установки показало, что емкость разрядного контура во всех случаях целесообразно принять 2 мкф. При изучении зависимости длины и ширины зон окорки от напряжения установок наблюдалась следующая закономерность (рис. 3): с увеличением напряжения размеры зон окорки растут по прямолинейной зависимости до определенного предела, после которого наступает резкий изгиб кривых. Напряжение, соответствующее этому пределу, считалось оптимальным; дальнейшее увеличение напряжения нецелесообразно, так как рост

зон окорки становится незначительным, а расход энергии на окорку увеличивается пропорционально квадрату напряжения.

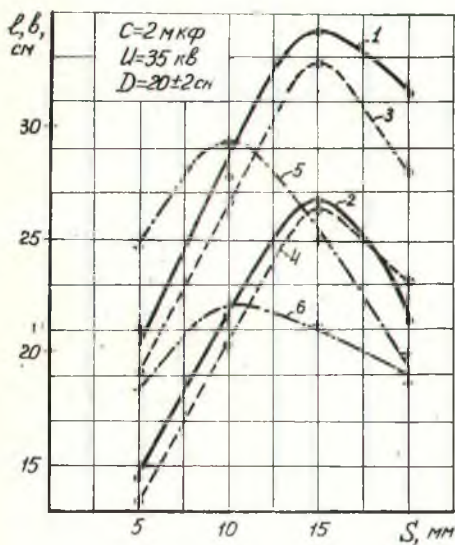


Рис. 2. Зависимость длины и ширины зоны окорки от расстояния между электродами и бревном для свежесрубленной древесины заготовки июня.

1, 2 — длина и ширина зоны окорки для березы; 3, 4 — то же для ели; 5, 6 — то же для сосны.

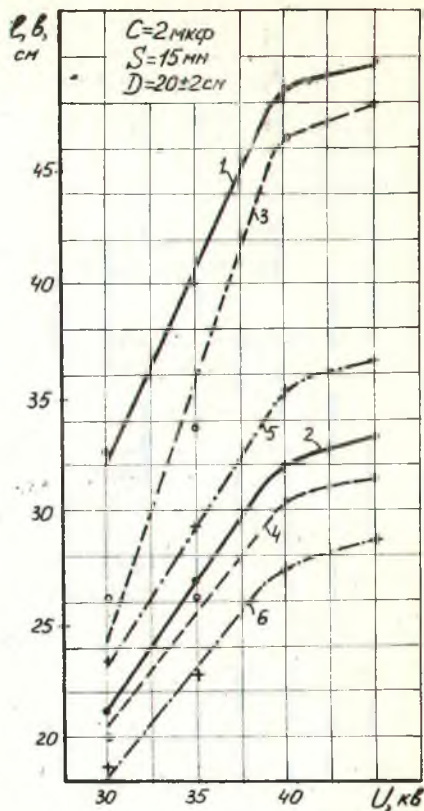


Рис. 3. Зависимость длины и ширины зоны окорки от напряжения установки для свежесрубленной древесины заготовки июня.

1, 2 — длина и ширина зоны окорки для березы; 3, 4 — то же для ели; 5, 6 — то же для сосны.

Оптимальное напряжение определялось для всех пород и состояний древесины и оказалось равным:

$U = 35-40 \text{ кВ}$ — для свежесрубленной и сплавной древесины;

$U = 45-50 \text{ кВ}$ — для подсушенной, мерзлой и талой древесины.

Технологические параметры установки исследовались путем определения ширины полосы окорки в зависимости от скорости подачи. Эти исследования проводились при постоянном оптимальном расстоянии от электродов до брезна и оптимальных электрических параметрах. Одновременно исследовалось влияние на процесс окорки предварительного механического разрушения коры (продольного надреза, совпадающего с линией движения электрода). Данные исследования проведены для всех пород и состояний древесины и позволили установить следующее (рис. 4).

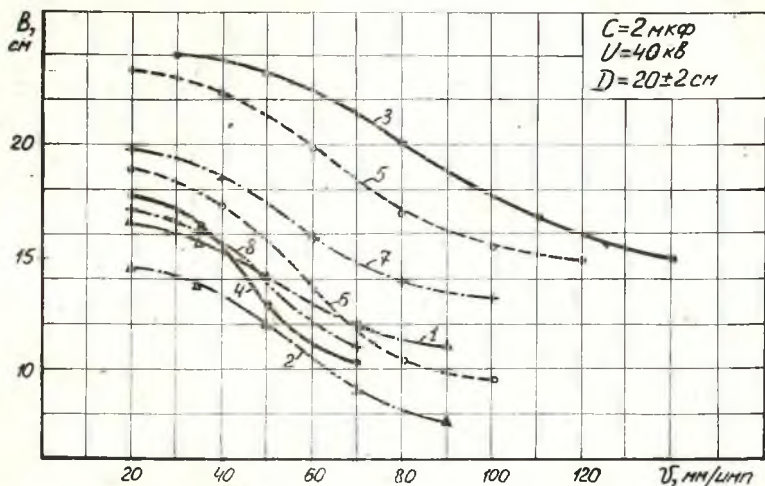


Рис. 4. Зависимость ширины полосы окорки от скорости подачи для свежесрубленной древесины заготовки сентября:

1 — ель с продольным надрезом коры; 2 — ель без надреза; 3 — береза с продольным надрезом коры; 4 — береза без надреза; 5 — осина с продольным надрезом коры; 6 — осина без надреза; 7 — бук с продольным надрезом коры; 8 — бук без надреза.

1. Для каждой породы и состояния древесины существует определенная максимальная (критическая) скорость подачи, выше которой сплошной полосы окорки не получается, а происходят лишь отдельные вырывы коры.

2. Зависимости ширины полосы окорки от скорости подачи выражаются кривыми 3-го порядка и связаны между собой уравнением:

$$B = av^3 + bv^2 + cv + d,$$

где

B — ширина полосы окорки, см;

a, b, c, d — числовые коэффициенты.

Например, для свежесрубленной ели июньской заготовки имеем следующие числовые значения коэффициентов:

$$a = 0,192 \times 10^{-5}, \quad b = 2,23 \times 10^{-3}, \quad c = 0,122, \quad d = 16,2.$$

3. При снижении скорости подачи, наряду с ростом ширины полосы окорки, растет и расход энергии. Как показывает анализ, последний превосходит рост ширины полосы окорки. Поэтому экономически выгодно принимать скорости подачи, близкие к максимальным.

Проведенные опыты по определению технологических параметров окорки позволили установить для каждой породы и состояния древесины оптимальные величины скоростей подачи, которые приняты равными критическим, и соответствующие значения ширины полосы окорки.

Проведенные исследования позволяют установить характерную закономерность, являющуюся особенностью электрогидравлического способа окорки в отличие от других известных способов: наилучшие результаты (наибольшая скорость подачи и ширина полосы окорки) получаются при окорке древесины лиственных пород—березы и осины, наихудшие—при окорке ели. Это объясняется тем, что при окорке исследуемым способом, как указывалось выше, большое влияние оказывает величина удельной работы при ударном изгибе коры. Эта величина у березы и осины больше, чем у ели и бука.

При проведении опытов по окорке древесины во всех случаях было получено высокое качество окорки, отвечающее требованиям ГОСТ на чистую окорку лесоматериалов внутреннего рынка. Потери древесины при правильно подобранных параметрах отсутствовали. Исключением в отношении качества являлась окорка подсушенной ели. Здесь качественной окорки достичь не удалось, так как в местах загустения смол имелись местные усиления сил сцепления коры с древесиной; в этих местах окорка была плохая. Попытка увеличить энергию разряда приводила к значительным повреждениям древесины.

Исследование вопроса о влиянии надрезов на процесс окорки проводилось в 2 этапа.

На первом этапе исследовалось влияние на размеры зон окорки при неподвижных электродах различного вида надрезов: продольного, поперечного и сочетания продольного с поперечным (так называемый надрез «крестом»). Опыты показали, что продольные надрезы и надрезы «крестом» оказывают заметное положительное влияние на результат окорки, особенно при окорке березы (увеличение размеров зон окорки составляет 25—50%).

Наибольший эффект дают надрезы «крестом», однако их выполнение в промышленных условиях довольно сложно, особенно синхронизация шага надрезов с движением бревна и частотой чередования импульсов (шаг поперечных надрезов должен точно совпадать с расстоянием, проходимым бревном за промежуток времени между двумя очередными импульса-

ми). Наиболее целесообразно применять продольные надрезы, так как их выполнение сравнительно несложно, а эффект от них незначительно меньше, чем от надрезов «крестом».

Опыты по определению технологических параметров окорки показали, что при наличии продольного надреза в большинстве случаев увеличивается скорость подачи, ширина полосы окорки и соответственно уменьшается расход электроэнергии на окорку.

Наибольший эффект от надрезов наблюдается у свежесрубленной березы (увеличение оптимальной скорости подачи в 3,3 раза, ширины полосы окорки в 1,1 раза и снижение расхода электроэнергии в 3,7 раза). Это легко объясняется особенностями строения березовой коры, имеющей прочный наружный слой — бересту, на разрушение которого затрачивается большое количество энергии. При наличии же надреза на разрушение коры энергия не расходуется и значительно большая часть энергии тратится на отслоение коры.

У подсушенной и мороженой древесины влияние надрезов меньше, чем у свежесрубленной (при окорке березы расход энергии снижается в 1,3—1,9 раза). Это объясняется тем, что при увеличении сил сцепления коры с древесиной на отслоение коры тратится больше энергии; соответственно, доля энергии, необходимой для разрушения коры, становится менее значительной.

Исследование влияния на процесс окорки диаметра древесины в пределах 15—30 см проводилось на образцах ели свежесрубленной заготовки сентября, березы подсушенной ($W = 59\%$) и осины талой. Опыты показали, что с увеличением диаметра древесины ширина полосы окорки растет, причем наибольший рост наблюдается при увеличении диаметра с 15 до 20 см (на 20—30% при $v = 90—110$ мм/мин и 10—15% при $v = 20—30$ мм/мин).

При дальнейшем росте диаметра увеличение ширины полосы окорки незначительно — на 6—7% при $v = 90—110$ мм/мин и всего 1—3% при $v = 20—30$ мм/мин.

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ В ЖИДКОСТИ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные технико-экономические показатели электрогидравлического способа окорки древесины определены расчетным путем на основании результатов проведенных исследований.

В табл. 4 приводятся сводные данные по экспериментальному определению параметров свежесрубленной, под-

220709

сушенной и мерзлой древесины и расчет некоторых технико-экономических показателей. Расчет выполнен для условия принятого диаметра древесины $D = 30$ см, частоты чередования импульсов $f = 2$ имп/сек. Предполагается, что окорка производится электродами, равномерно расположенными по окружности вокруг поступательно перемещающегося бревна.

При указанных условиях расчетом определены.

- скорость подачи в м/мин;
- необходимое число электродов для полной окорки бревна;
- мощность установки в кВт;
- производительность установки в м³/час;
- удельный расход электроэнергии в кВт-ч/м³.

Следует отметить, что приведенные в табл. 4 данные не являются показателями какой-либо конкретной окорочной установки. Они являются лишь показателями возможностей электрогидравлического способа окорки. Конкретные же показатели установки, такие, как число электродов, скорость подачи и т. д. должны определяться в зависимости от назначения установки, заданной производительности, диаметров окориваемой древесины и др. исходных параметров. Принципиально можно получить любую заданную производительность, изменяя частоту импульсов и число электродов. Мощность установки при этом соответственно изменится, однако удельный расход электроэнергии будет близким к приведенному в таблице 4.

Основной экономический показатель, по которому можно оценить электрогидравлический способ окорки по результатам проведенных исследований—удельный расход электроэнергии на кубометр окоренной древесины.

По данным проведенных экспериментальных исследований и ориентировочных расчетов, удельный расход электроэнергии при окорке древесины электрическими разрядами в жидкости составит от 0,36 до 2,08 кВт-ч/м³ (в зависимости от породы и состояния древесины). Эти показатели находятся на уровне лучших показателей существующего окорочного оборудования, а в некоторых случаях даже выше.

Наилучшие показатели получаются при окорке свежесрубленной лиственной древесины. Так, для березы и сосны удельный расход электроэнергии составляет 0,36—0,75 кВт-ч/м³, для бука 0,72—0,90 кВт-ч/м³ (меньшие величины относятся к древесине июньской заготовки). Для свежесрубленной ели величина расхода электроэнергии больше — 0,96—1,18 кВт-ч/м³.

При окорке сплавной древесины расход энергии больше, чем при окорке свежесрубленной — 0,82 кВт-ч/м³ для березы и сосны; 1,53 кВт-ч/м³ для ели.

Таблица 4

Параметры электрогидравлической окорки древесины и основные экономические показатели

№ п/п	Состояние древесины	Породы	Влажность коры, %	Электрические параметры установки		Скорость подачи древесины		Ширина полосы окорки, В, см	Необходимое число электродов, шт.	Необходимая мощность установки, N, кВт	Производительность установки, м ³ /час	Удельный расход электроэнергии, кВт-ч/м ³
				C, мкф	U, кв	в м/мин	в м/мин при f = 2 имп/сек					
1. Свежесрубленная заготовки июня	ель	ель	144	2	35	90	10,8	11,0	10	34	29,4	0,96
	береза	береза	75	2	40	200	24,0	20,5	6	26,8	65,4	0,36
	осина	осина	117	2	40	200	24,0	19,0	6	26,8	65,4	0,36
2. Подсушенная	бука	бука	79	2	40	100	12,0	17,7	6	26,8	32,7	0,72
	береза	береза	59	2	45	110	13,2	12,8	9	50,7	35,9	1,08
	береза	береза	41	2	45	70	8,4	10,8	10	56,4	29,4	1,86
	осина	осина	82	2	45	100	12,0	13,7	8	45,1	32,7	1,08
	осина	осина	54	2	45	80	9,6	12,5	9	50,7	26,1	1,49
	бук	бук	61	2	45	80	9,6	12,2	9	50,7	26,1	1,49
3. Мерзлая f = —15—17°	бука	бука	49	2	45	70	8,4	10,3	11	62,0	22,8	2,02
	ель	ель	122	2	40	60	7,2	9,0	12	53,6	19,6	2,08
	береза	береза	72	2	50	80	9,6	11,2	10	69,5	26,1	1,95
	осина	осина	100	2	45	80	9,6	12,7	9	50,7	25,1	1,49
	бук	бук	75	2	45	70	8,4	10,5	11	62,0	22,8	2,02

Заметно растет расход электроэнергии при окорке подсушенной и мерзлой древесины. В этих случаях расход энергии достигает 2 квт-ч/м^3 . Несколько меньше в этих случаях расход энергии при окорке осины—около $1,5 \text{ квт-ч/м}^3$.

Из приведенных данных видно, что электрогидравлический способ наиболее целесообразно применять для окорки лиственной древесины, в первую очередь березы и осины. Этим способом возможна качественная окорка березы и осины практически во всех состояниях, в том числе подсушенной и мерзлой. Следует, однако, отметить, что при окорке подсушенной и мерзлой лиственной древесины расход электроэнергии на окорку увеличивается по сравнению со свежесрубленной в 2—3 раза.

При окорке бука также достигнуто хорошее качество окорки при всех состояниях древесины. Экономические показатели несколько хуже, чем для березы и осины. Сравнение результатов окорки бука электрогидравлическим способом с известными методами не представляется возможным, так как опыта окорки бука на существующем оборудовании в настоящее время нет.

Помимо окорки лиственной древесины, применение электрогидравлической окорки целесообразно в тех случаях, когда требуется особо высокое качество окорки (например, для окорки баласов, идущих на изготовление высококачественной целлюлозы, целлюлозы для изоляционных бумаг и т. д.), а также для окорки низкокачественной древесины—это обусловлено тем, что окаривающий «инструмент» (электрод) не имеет непосредственного контакта с поверхностью бревна.

При конструировании промышленных электрогидравлических окорочных установок во всех случаях к ним должен предъявляться ряд требований, в первую очередь:

1. Установка должна обеспечить продольное поступательное перемещение бревна относительно электродов, равномерно расположенных вокруг бревна.

2. Электрические параметры: емкость $C = 2 \text{ мкф}$, напряжение $35\text{—}50 \text{ кв}$ (на электрод);

3. Необходимо иметь устройство для поддержания расстояния от электродов до бревна в пределах $10\text{—}15 \text{ мм}$;

4. Необходимо иметь устройство для выполнения предварительных надрезов коры, совпадающих с линией движения бревна относительно электродов.

5. Необходимо обеспечить возможность регулирования расстояния, проходимого бревном за промежуток времени между двумя очередными импульсами; этого можно достичь регулированием скорости подачи, частоты чередования импульсов, либо комбинацией этих способов.

ВЫВОДЫ

1. В результате теоретических и экспериментальных исследований установлены основные закономерности развития процессов, происходящих при электрических разрядах в жидкости в условиях электрогидравлической окорки древесины. Выведена формула для расчета основных электрических параметров окорки в зависимости от заданной величины зоны окорки, расстояния от электродов до бревна и величины удельной работы скалывания коры относительно древесины.

Расчетом установлено, что для осуществления окорки древесины электрогидравлическим способом необходимо иметь параметры разрядного контура:

емкость	$C = 1-4$ мкф;
напряжение	$U = 30-50$ кв;
запасенная энергия	$\mathcal{E} = 0,6-3$ кдж.;
длина искрового промежутка	$l_k = 2,5-7,0$ см.

2. Проведенные экспериментальные исследования физических процессов при электрогидравлической окорке древесины (осциллографирование и скоростное фотографирование) показали, что наличие вблизи электродов образца древесины не вносит существенного влияния в развитие процесса разряда.

3. Анализ влияния механических свойств коры на процесс электрогидравлической окорки древесины показал, что наибольшее влияние оказывают силы сцепления коры с древесиной и величина удельной работы при ударном изгибе.

4. Установлено, что величина удельной работы при ударном изгибе коры ели, березы, осины и бука снижается при уменьшении влажности коры и при отрицательных температурах.

5. Исследования показали, что электрогидравлическим способом возможна окорка как хвойной древесины (ель), так и лиственной (береза, осина, бук) во всех практически встречающихся состояниях — свежесрубленная, сплавная, подсушенная, мерзлая, талая.

Характерной особенностью электрогидравлического способа окорки, отличающего его от известных способов, является то, что при окорке лиственной древесины (береза, осина) получают значительно лучшие результаты, чем при окорке ели.

6. Выполненные исследования по определению основных параметров электрогидравлической окорки древесины различных пород и состояний позволили установить следующее:

а) оптимальная длина рабочего искрового промежутка лежит в пределах 2—5 см и увеличивается с ростом емкости и напряжения;

б) наиболее благоприятным является расположение электродов вдоль оси бревна; при этом оптимальное расстояние от электродов до бревна равно 10—15 мм;

в) оптимальные электрические параметры: емкость—2 мкф, напряжение—35—50 кв;

г) при перемещении электродов относительно бревна ширина полосы окорки увеличивается при снижении скорости подачи; оптимальная скорость подачи электродов относительно бревна зависит от породы и состояния окариваемой древесины и лежит в пределах —60—200 мм/имп.

7. Результат окорки электрическими разрядами в жидкости существенно улучшается при наличии предварительных продольных надрезов коры, совпадающих с линией движения электродов относительно бревна (особенно при окорке березы). Поэтому при конструировании электрогидравлических окорочных установок необходимо предусматривать устройства для выполнения таких надрезов.

8. При увеличении диаметра древесины ширина полосы окорки при прочих равных условиях растет, однако при $D > 25$ см рост становится незначительным.

9. Качество окорки древесины электрогидравлическим способом, за исключением окорки подсушенной ели,—высокое, соответствующее требованиям ГОСТа на чистую окорку лесоматериалов внутреннего рынка.

Потери древесины при правильно подобранных параметрах полностью отсутствуют.

10. Проведенный расчет некоторых экономических показателей электрогидравлического способа окорки показывает, что по этим показателям он находится на уровне лучших образцов современного окорочного оборудования, а при окорке березы и осины—даже лучше.

11. Применение электрогидравлического способа окорки в промышленности наиболее целесообразно в следующих случаях:

а) для окорки лиственной древесины, в первую очередь березы и осины;

б) для окорки сортиментов, требующих особо высокого качества окорки—балансов, идущих на изготовление высококачественной целлюлозы, целлюлозы для изоляционных бумаг и т. д.;

в) в случаях, когда предпочтительно не иметь непосредственного контакта окаривающего «инструмента» (электрода) с поверхностью древесины—в частности для окорки низкокачественной древесины.

12. Полученные в результате исследования параметры электрогидравлической окорки древесины могут служить исходными данными для проектирования опытно-промышленной электрогидравлической окорочной установки.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Мирецкий В. О. О применении электрических разрядов в жидкости для окорки древесины. Труды ЦНИИМЭ, вып. 91, 1968.

2. Задорожный В. В., Мирецкий В. О. Окорка древесины с помощью электрических разрядов в воде. Журнал «Лесная промышленность» № 11, 1968.

3. Мирецкий В. О. К расчету параметров разрядного контура при окорке древесины электрическими разрядами в жидкости. Труды ЦНИИМЭ (в печати)

4. Мирецкий В. О. Испытание коры различных пород на ударный изгиб. Труды ЦНИИМЭ (в печати).

5. Мирецкий В. О. О механических свойствах коры бука. Труды ЦНИИМЭ (в печати).

Бумага 60×90¹/₁₆
Заказ 165

Подписано к печати 11/IX-69 г.
Печ. л. 1,5

Л-48142
Тираж 120

Типография ЦНИИМЭ