

634.9.3

К-94

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт
имени С. М. Кирова

На правах рукописи

Н.Ф. КУСАКИН

**ИССЛЕДОВАНИЕ СКОЛА ДЕРЕВЬЕВ ПРИ СРЕЗАНИИ И
ПОВАЛЕ ИХ БЕЗ ПОДПИЛА ВАЛОЧНЫМИ МАШИНАМИ
(ТИПА ВТМ-4)**

(диссертация написана на русском языке)

Специальность 05.420. Машины, механизмы и техно-
логия лесоразработок, ле-
созаготовок и лесного хо-
зяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск, 1972

634.03
К-94

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт имени
С.М.Кирова

На правах рукописи



Н.Ф.КУСАКИН

2737ар.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОЛА ДЕРЕВЬЕВ ПРИ СРЕЗАНИИ И ПО-
БАЛЕ ИХ БЕЗ ПОДПИЛА ВАЛОЧНЫМИ МАШИНАМИ
(ТИПА ВТМ-4)

(диссертация написана на русском языке)

05.420. Машины, механизмы и технология
лесоработок, лесоваготовок и
лесного хозяйства

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Минск - 1972 г.

Работа выполнена в Центральном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ).

Научный руководитель кандидат технических наук, старший научный сотрудник М.А.ПЕРФИЛОВ.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор Д.К.Боевода

Кандидат технических наук, доцент Н.Ф.Ковалев

Ведущее предприятие **Крестецкий леспромхоз**

Автореферат разослан " " _____ 1972 г.

Защита состоится " " _____ 1972 г.

на заседании Совета Белорусского технологического института имени С.М. Кирова, г.Минск, ул.Свердлова, 13, ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ваши отзывы по автореферату в ДВУХ ЭКЗЕМПЛЯРАХ С ЗАВЕРЕННЫМИ ПОДСИ-
СЯМИ просим направлять в адрес Совета

Ученый секретарь Совета
канд.техн.наук, доцент

И.М.Шлехов

В настоящее время проблема полной механизации и автоматизации производственных процессов в лесной промышленности и особенно лесосечных работ приобретает важнейшее значение. Ее решению во многом способствовали работы К.М.Ашпенazi, И.В.Батина, А.Л.Бершадского, Г.А.Вильке, Д.К.Воеводи, С.А.Воскресенского, А.Ф.Грубе, С.Ф.Орлова, В.Б.Прохорова, Б.А.Таубера и др., которые проводились и ведутся во многих институтах и заводах (ЛТА им.Кирова, ЦНИИМЭ, МЛТИ, АТЗ, ОТЗ и др.). Сейчас уже созданы и рекомендованы к серийному производству образцы машин, например, ВТМ-4 и ЛП-2, которые в корне меняют существующую технологию лесосечных работ и в некоторой мере решают эту проблему. Однако проверка этих машин и в частности ВТМ-4 в производственных условиях выявила и их некоторые недостатки, к одному из которых относится скол комля у части деревьев.

Изучением скалывания и раскалывания древесины в основном на малых образцах занимались многие исследователи, например, Д.И.Журавский, И.И.Бобарьков, С.И.Ванин, Л.М.Перельгин, Н.Л.Леонтьев, Баулингер, Тетмайер, Джонсон и др. Некоторым вопросам образования окола у деревьев при срезании и повале их без подпила валочными машинами посвящены работы И.Ф.Верхова, В.П.Ермольева и Г.И.Старкова.

О необходимости дальнейшего изучения образования скола у деревьев в процессе их валки и его устранения говорят следующие:

во-первых, скол недопустим по технике безопасности, особенно при валке деревьев моторными пилами, где происходит почти 30% несчастных случаев с летальным исходом от общего их количества в леспромхозах;

во-вторых, скол повреждает наиболее ценную комлевую часть дерева;

в-третьих, скол может быть одной из причин серьезных поломок валочной машины;

в-четвертых, количество сколов при работе ВТМ-4 растет с увеличе-

нием диаметра срезаемых деревьев на высоте груди $d_{1,3}$ (по результатам госиспытаний ВТМ-4 за 1966-1967 гг. количество только видимых сколов-отщепов составило более 20% при $d_{1,3} \geq 32$ см).

Ввиду этого в программу исследований были включены следующие задачи:

1. Изучить действие основных сил на недопиленную перемычку (недопил) дерева при срезании и повале его без подпила валочными машинами, установить причины и механизм образования скола, обосновать частные и общие показатели опасного состояния дерева к сколу.

2. Экспериментально на деревьях определить значения частных показателей прочности дерева при сколе и установить их связь с основными размерами недопила и дерева.

3. Определить основные требования к режиму срезания и повала деревьев без подпила и без скола и оценить возможность их выполнения валочно-трелевочной машиной ВТМ-4.

4. Проанализировать систему гидроприводов механизмов срезания и повала опытного образца ВТМ-4, установить ее влияние на образование скола и направленность повала деревьев, наметить пути ее совершенствования.

1. Теоретическая часть

Причины и механизм образования скола деревьев

Действующие на дерево силы (вес дерева G_d , ветровая нагрузка P_v и усилие валочного рычага P_p , рис.1) при срезании и повале его без подпила валочной машиной (ВТМ-4) в общем случае вызывают в недопиле дерева сложное напряженное состояние: сжатие, косой изгиб, кручение и сдвиг, в результате чего суммарное напряжение $G_{сум}$, действующее вдоль волокон недопила в зоне пропила, где образуется скол, складывается из напряжения от сжатия G_c , напряжения от изгиба G_u ,

напряжения от кручения σ_k , напряжения от сдвига по оси y σ_y .

Знак $\sigma_{\text{сум}}$ зависит от величины и совпадения действующих на дерево сил с направлением повала, то есть с силой P_p . При совпадении направлений сил G_y и P_v с P_p оно положительное, а при обратном направлении - отрицательное, если сила P_p и момент от нее малы по сравнению с G_y и P_v .

Поперек же волокон недопила действует поперечная сила $Q_x = (\sum M_y)'$, где $\sum M_y$ - сумма моментов от внешних сил относительно оси y , рис.1). Действие Q_x определяется величиной и знаком

$\sigma_{\text{сумм}}$: при максимальном $+\sigma_{\text{сум}}$ сила Q_x раскалывает ствол, при минимальном $-\sigma_{\text{сум}}$ сила Q_x прижимает ствол к недопилу.

Анализ действия $\sigma_{\text{сум}}$ и Q_x на недопил показал, что опасность скола в сторону ствола возникает тогда, когда вдоль волокон недопила в зоне пропила действуют наибольшие суммарные напряжения $\sigma_{\text{сумм}}$ положительного знака, а поперек волокон - раскалывающая сила Q_x . Скол дерева происходит при достижении $+\sigma_{\text{сум}}$ и Q_x предельных значений $+\sigma_s$ и Q_v , которые в свою очередь зависят от размеров недопила, породы и диаметра деревьев.

Так как $\sigma_{\text{сум}}$ в зоне пропила имеет наибольшее положительное значение тогда, когда суммарный момент от внешних сил действует в направлении повала, то с увеличением опасности скола деревья стремятся упасть в этом же направлении. Наоборот, с уменьшением опасности скола деревья стремятся упасть в обратном направлении.

Показатели опасного состояния дерева к сколу

Совокупное действие σ и Q_v характеризуют опасное состояние дерева к сколу конкретным образом, так его скол может быть дос -

тигнут либо большим G_B и меньшим Q_B , либо наоборот. Поэтому $+G_B$ и Q_B являются частными показателями опасного состояния дерева к сколу.

С другой стороны как $+G_B$, так и Q_B (вернее касательные напряжения τ_x от силы Q_B) вызывают искривление поперечных сечений недопила, предельная деформация которого может быть выражена углом поворота плоскостей пропила друг к другу

$$\theta^B = \theta_m^B + \theta_a^B = \frac{M_B \cdot h_n}{E \cdot J} + \frac{Q_B \cdot S(x_c)}{G_{z,t} \cdot J \cdot b(x_c) \cdot \cos \gamma} \quad (I)$$

где θ_m^B - угол поворота сечения недопила от предельного изгибающего момента M_B ;

θ_a^B - угол поворота сечения недопила от предельной раскалывающей силы Q_B ;

h_n - высота пропила;

E - модуль упругости при изгибе;

J - момент инерции сечения недопила;

$S(x_c)$ - статический момент части недопила относительно нейтральной оси, параллельной основанию;

$G_{z,t}$ - модуль сдвига;

$b(x_c)$ - ширина недопила по нейтральной оси;

γ - угол наклона по отношению к направлению Q_B касательной к контуру недопила в точке пересечения его нейтральной осью.

Так как угол θ^B характеризует опасное состояние дерева к сколу, учитывая одновременно изменение как G_B , так и Q_B , то он является общим показателем опасного состояния дерева к сколу.

ПРИМЕЧАНИЕ: Строго говоря, величина θ^6 зависит от совпадения действия сил G_3 и P_B (и их величин) с направлением повала, а также от скорости приложения силы P_P . При совпадении действия сил G_3 и P_B с P_P , а также при статическом характере приложения силы P_P к дереву угол θ^6 имеет наименьшее значение.

Ввиду того, что угол θ^6 равен предельному углу наклона дерева от его начального положения, то опасное состояние дерева к сколу в одинаковой мере можно характеризовать обоими показателями.

Общий показатель опасного состояния дерева к сколу θ^6 позволил определить предельные воздействия на деревья со стороны внешних сил, превышение которых может привести к их сколу. К ним, например, относятся:

Предельный момент $M_8^{чн}$ при изгибе недопила:

$$M_8^{чн} = G_8^{min} \cdot W_P (1 + \alpha/h_y) \quad (2)$$

Предельное напряжение $G_8^{чн}$ при чистом изгибе с недопила:

$$G_8^{чн} = G_8^{min} (1 + \alpha/h_y) \quad (3)$$

Опасный угол наклона дерева φ_8 , при котором оно скалывается от действия собственного веса:

$$\varphi_8 = \arcsin \left[\frac{(G_8^{чн} + G_3/F_H) W_P}{G_3 h_g (1 + \alpha/h_y)} + \frac{Z_{цт.}}{h_g} \right] \quad (4)$$

Предельное усилие P_P^6 нажатия валочного рычага ВТМ-4 на дерево по условию прочности древесины на скол:

$$P_P^6 \leq \frac{(G_8^{чн} + G_3/F_H) \cdot W_P}{h_p + \alpha} \quad (5)$$

В формулах (3,4,5,2) приняты обозначения:

- $G_g^{min} = 0,80 G_g$ - минимальное значение предельного напряжения при сколе недопила у деревьев, определенное опытным путем (см. экспериментальную часть);
- W_p - момент сопротивления сечения недопила для растянутых волокон;
- h_y - высота приложения раскалывающего усилия (см. экспериментальную часть);
- F_n - площадь сечения недопила;
- h_g - высота положения центра тяжести дерева от плоскости пропила;
- $Z_{ц.т}$ - расстояние от центра тяжести сечения недопила до оси дерева;
- h_p - высота приложения усилия валочного рычага;
- $$\alpha = \frac{E \cdot S(z_c)}{h_n \cdot G_{z,t} \cdot V(z_c) \cdot \cos \gamma}$$

Остальные обозначения приведены выше.

Скорости надвигания пильного органа для срезания деревьев без скола

От действия на срезаемые деревья, особенно имеющих наклон в сторону повала, попутного ветра силой 5-6 баллов или валочного рычага они начинают падать со скоростью свободного падения или превышающей ее. Чтобы у деревьев не было скола, валочная машина (ВТМ-4) должна обеспечить необходимую для этого скорость надвигания пильного органа u , которая при свободном падении деревьев может быть определена по формуле:

$$u = \frac{\kappa \cdot d_n}{0,2 \sqrt{h} (\ln \psi_2 / \psi_0 - \ln \psi_1 / \psi_0)} \quad , \quad (6)$$

где κ - толщина перерезаемого слоя, выраженная в долях диаметра дерева в плоскости пропила d_n ;

h - высота дерева;

φ_0 - начальный наклон дерева;

$\varphi_1 = \varphi_0 + \theta_1^0$ - предельнодопустимый угол наклона дерева без возникновения скола перед началом перерезания слоя толщиной $k \cdot d_n$ (рис.1б);

$\varphi_2 = \varphi_0 + \theta_2^0$ - предельнодопустимый угол наклона дерева без появления скола после перерезания слоя толщиной $k \cdot d_n$ (рис.1б);

Влияние системы гидроприводов механизмов срезания и повала опытного образца БТМ-4 на образование скола и направленность повала деревьев

Привод механизма срезания БТМ-4 осуществляется с помощью гидромотора, а привод механизма повала - от гидроцилиндра (рис.2). Питаятся эти механизмы от одного источника, а жидкость подводится к ним по нарегулируемым трубопроводам, соединенным параллельно. При одновременной работе этих механизмов поступление в них жидкости определяется теми сопротивлениями, которые она должна преодолеть. Для механизма срезания - это сопротивление перерезаемых волокон дерева, а для механизма повала - сопротивление повалу дерева. Поскольку срезание дерева должно быть непрерывным (особенно для опасных к сколу деревьев), то в гидромотор всегда должно поступать достаточное для этого количество жидкости.

Расход же жидкости через гидроцилиндр механизма повала зависит в основном от остаточного давления P_0 в его поршневой полости и приведенной к штоку массы M срезаемого дерева и валочного рычага, то есть:

$$Q_p = S_1 \int_{t_0}^{t_1} \frac{S_1 \cdot P_1 - S_2 \cdot P_2}{M} dt - S_2^2 P_0 \int_{t_0}^{t_1} \frac{dt}{M}, \quad (7)$$

где S_1 и S_2 - соответственно площадь поршня в штоковой и бесштоковой полостях;

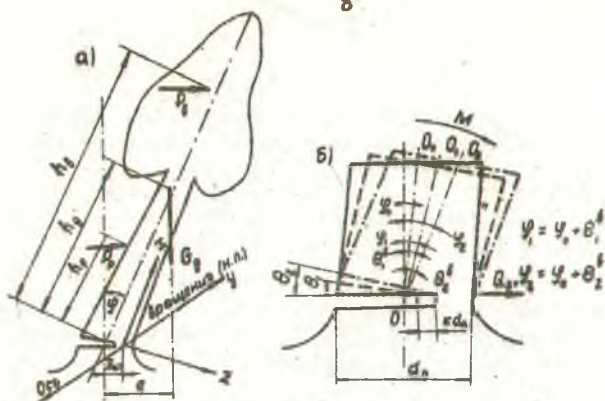


Рис.1. а) схема действия сил G_g , P_p и P_r на недопил дерева;
 б) схема к определению необходимых скоростей продвижения
 питательного органа для срезания деревьев без скола.

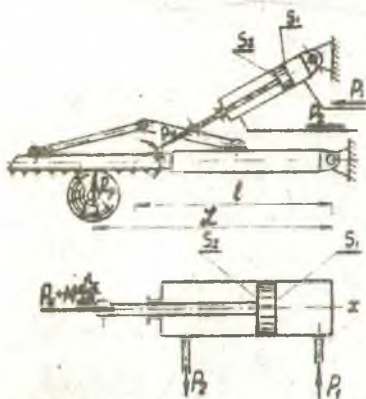


Рис.2. Схема определения расхода жидкости через гидrocилиндр валочного рычага

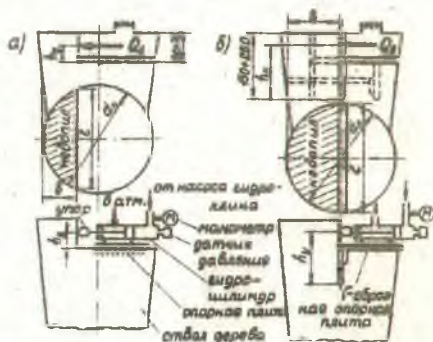


Рис.3. Схема проведения опы- (experiment) тов по сколу недопи- (skidding) ла у деревьев:
 а) летом, б) зимой.

P_1 и P_2 - соответственно давление нагнетания и слива;
 t - время процесса.

Из уравнения (7) видно, что при $M \rightarrow M_{\min}$ и $P_0 \rightarrow 0$, но $t \neq 0$ (то есть когда у срезаемых деревьев опасность скола увеличивается, и они под действием внешних сил отходят от валочного рычага) $Q_p \rightarrow Q_p^{\max}$. С другой стороны, при $M \rightarrow M_{\max}$ и $P_0 \rightarrow P_{\max}$ (то есть когда у срезаемых деревьев опасность скола уменьшается и они прижимаются к валочному рычагу, стараясь упасть через него) $Q_p \rightarrow Q_p^{\min}$.

Поэтому в первом случае в гидромотор пилы будет поступать очень мало жидкости, и срезание опасного к сколу дерева будет либо очень медленным, либо совсем прекращено, а его повал, наоборот, ускоренным; во втором же случае скорость срезания не опасных к сколу деревьев изменится незначительно, а скорость их повала будет совершенно недостаточной (если не совсем отсутствовать) для повала дерева в нужном направлении.

Экспериментальная запись процессов срезания и повала деревьев машиной БТМ-4 на ленту осциллографа Н-700 подтвердила правильность проведенного выше анализа.

Следовательно, система гидроприводов механизмов срезания и повала у опытного образца БТМ-4 либо способствует образованию скола у тех деревьев, у которых опасность скола налицо, либо не обеспечивает нужного направления повала тех деревьев, у которых опасность скола отсутствует.

II. Экспериментальная часть

Поскольку в литературе нет экспериментальных данных как о частых, так и об общих показателях опасного состояния деревьев к сколу, определение же их значений на деревьях при работе валочных машин весьма затруднительно, так как практически очень трудно доста-

точно точно установить величины, направление, характер и места приложения действующих на дерево сил, а экспериментальное определение напряжений в древесине дерева в зоне пропила очень сложно. Поэтому мы вынуждены были пойти по пути замены внешних сил G_3 , P_B и P_D эквивалентной им силой Q_B (рис.3), которая в некоторой мере будет вызывать аналогичное действие на дерево, в частности изгиб недопила и раскалывание ствола в зоне образования скола.

Это позволит определить величину предельных поперечных раскалывающих сил Q_B и изгибающих моментов M_B , при которых происходит скол недопила у деревьев. Далее приняв закон распределения напряжений в наиболее опасном поперечном сечении недопила, мы можем определить те предельные напряжения G_B , при которых складывается дерево.

Усилие Q_B к недопилу дерева для его скола прикладывалось с помощью специальной установки переносного типа (рис.3), которая состояла из гидроцилиндра со специальным, очень прочным упором, установленном на штоке, опорной плиты, бензиномоторной пилы с насосом от гидроклина и шленгов. Запись процесса скола недопила у дерева производилась на ленту осциллографа Н-700 (записывалось давление нагнетания в поршневой полости гидроцилиндра).

Деревья для опытов выбирались с правильной круглой формой ствола в комлевой части, опыты проводились в Крестенском леспромхозе в лесу летом 1967 г., зимой и осенью 1968 г. Древесина деревьев была талой и мерзлой. Опыт проводили на лесосеке и к ним приступали сразу же после повала деревьев, чтобы влажность и физическое состояние деревьев были такими, какие они есть в природе. Так как при работе ВТМ-4 наиболее подвержена сколу ель, то она была принята за основную породу для исследований. Для сосны, березы и осины опыты прово-

II

длились в меньших количествах, чтобы сравнить их прочность с елью. Всего было выполнено 339 наблюдений по сколу недопила у деревьев.

Предельное раскалывающее усилие Q_B для скола недопила у деревьев определяли по формуле:

$$Q_B = k \cdot P_{нг} \cdot f, \quad (8)$$

где k - коэффициент, учитывающий потери на трение в гидроцилиндре, $k = 0,99$;

$P_{нг}$ - максимальное давление в поршневой полости гидроцилиндра в момент скола недопила;

f - площадь поршня гидроцилиндра.

Предельный изгибающий момент M_B , соответствующий сколу недопила у деревьев определяли по формуле:

$$M_B = Q_B \cdot h_y, \quad (9)$$

где h_y - высота приложения усилия Q_B (рис.3): для летних опытов $h_y = 5$ см; для осенних $h_y = 17$ см; для зимних $h_y = 14 \pm 25$ см.

Предельное напряжение G_B , при котором происходит скол недопила у деревьев определяли по формуле:

$$G_B = \frac{M_B}{W_p}, \quad (10)$$

Сопротивление раскалыванию S определяли по формуле:

$$S = \frac{Q_B}{l}, \quad (11)$$

где l - длина линии скола недопила без коры.

Статистическая обработка результатов опытов показала, что между логарифмом предела прочности $lg G_B$ и толщиной недопила δ для определенных диаметров деревьев на высоте груди $d_{1,3}$ (как и между

$\lg \epsilon_8$ и d_{13} при определенной относительной толщине недопила) существует обратная корреляционная связь высокой достоверности. Между S и δ установлена прямая корреляционная связь.

В таблице I приведены (для примера) коэффициенты корреляции между $\lg \epsilon_8$ и δ , а в таблице 2 - между $\lg \epsilon_8$ и d_{13} (время проведения опытов - осень, древесина талая, температура воздуха 8-0°C).

Таблица I

Коэффициенты корреляции между логарифмом предельных напряжений и толщиной недопила

Порода деревьев	Диаметр на высоте груди d_{13}	Интервал толщин недопила в долях d_n	Коэффициент корреляции $-\gamma$	Ошибка коэффициента корреляции $\pm m_\gamma$	Показатель достоверности $\frac{\gamma}{m_\gamma}$	Число наблюдений
Ель	20	0,200+0,495	0,91	0,050	18,2	16
Ель	24	0,184+0,500	0,98	0,014	70,0	8
Ель	28	0,111+0,453	0,94	0,038	24,7	10
Ель	32	0,085+0,500	0,95	0,017	47,5	33
Ель	36	0,088+0,452	0,97	0,020	48,5	8
Ель	40	0,098+0,500	0,97	0,016	60,0	19
Ель	44	0,069+0,489	0,99	0,08	124,0	7

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между логарифмом предельных напряжений и диаметром деревьев на высоте груди

Порода деревьев	Интервал диаметров деревьев на высоте груди $d_{1,3}$	Толщина недопила δ	Коэффициент корреляции $-r$	Ошибка коэффициента корреляции $\pm m_r$	Показатель достоверности $\frac{z}{m_r}$
Ель	24 + 44	0,150+0,215	0,88	0,060	11,3
Ель	20 + 40	0,260+0,350	0,93	0,057	16,3
Ель	20 + 40	0,450+0,500	0,98	0,015	65,2

Методом наименьших квадратов были определены численные значения уравнений связи как между $\lg G_8$ и δ , так и между $\lg G_8$ и $d_{1,3}$ вида $\lg G_8 = a + b \cdot \delta (d_{1,3})$. Связь между S и δ имеет вид $S = a' + b' \cdot \delta$.

На рисунке 4 показано изменение G_8 от $d_{1,3}$ у ели.

На рисунке 4 как ^и на рисунках 5 и 6 цифры у каждой кривой характеризуют толщину недопила в долях диаметра d_n . Сплошные линии приняты для летней древесины, а пунктирные - для осенней древесины.

Расхождение между средними слытными данными предельных напряжений G_8 и вычисленными по найденным уравнениям связи не превышает 15-20%, и они могут быть использованы для практических целей.

II. Расчетная часть

На основании опытных G_8 и Q_B и литературных данных по E , G_9 , h_9 и других нами были определены значения величин, указанных в формулах 2,3,4,5,6,1. Ниже приведены основные результаты этих расчетов.

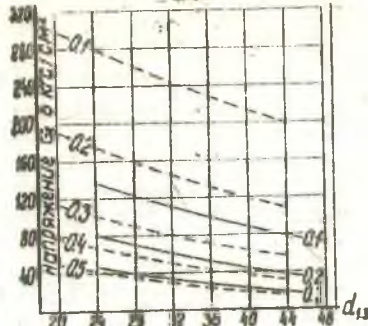


Рис. 4. Изменение предельных напряжений σ_6 при скосе недопила у деревьев от их диаметра на высоте груди (порода - ель).

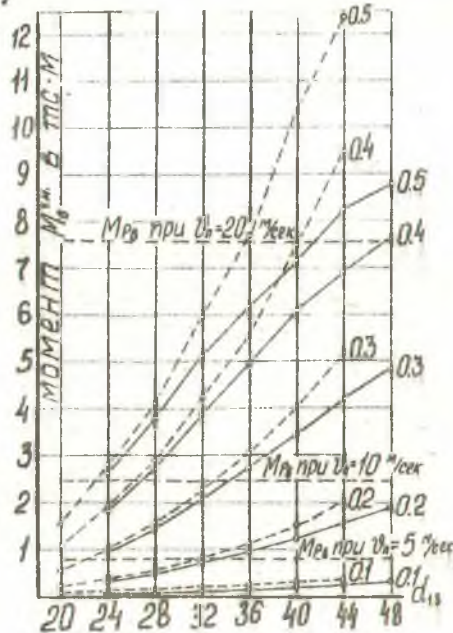


Рис. 5. Изменение изгибающего момента $M_6^{ин}$ от диаметра деревьев на высоте груди (порода - ель).

M_{P_2} - момент от силы P_2 при скорости ветра v_n для $d_{13} = 32$ см.

Значения угла θ^b (формула I) в минутах приведены в таблице 3, из которых видно, что углы θ^b для летних и осенних условий при одинаковой толщине недопила очень близки между собой и при $\delta = (0,3 + 0,5) d_n$ имеют очень малые величины, которые уменьшаются с ростом $d_{1,3}$.

Таблица 3

Предельные углы наклона плоскостей пропила друг к другу

Диаметр дерева в на- высоте груди в см	Толщина недопила в долях диаметра в месте скола									
	0,1 d _n		0,2 d _n		0,3 d _n		0,4 d _n		0,5 d _n	
	лето	осень	лето	осень	лето	осень	лето	осень	лето	осень
20	34,0	36,0	19,1	18,1	14,0	12,2	10,6	8,9	6,8	6,1
24	26,6	28,4	16,3	15,3	12,0	10,5	8,8	7,2	5,9	5,4
28	21,6	24,0	13,7	12,8	10,1	8,5	7,1	6,2	4,7	4,3
32	18,4	20,8	11,9	11,3	8,4	7,7	5,8	5,3	3,8	3,6
36	15,9	17,9	9,9	9,9	6,7	6,6	4,5	4,4	2,9	3,0
40	13,5	15,5	8,5	8,6	5,7	5,7	3,6	3,9	2,1	2,6
44	11,9	13,8	7,2	7,5	4,9	4,9	2,9	3,3	1,7	2,2
48	10,6	12,6	6,3	6,7	3,9	4,0	2,2	2,6	1,4	1,7

Проверочный расчет углов θ^b из предположения, что скол у деревьев возникает тогда, когда напряжения в сжатой зоне недопила от действия внешних сил достигают предела прочности древесины на изгиб, показал их очень близкое совпадение с данными таблицы 3. Это говорит о том, что с достаточной для практических целей точностью можно считать данное напряженное состояние дерева опасным к сколу. При этом формулы для определения θ^b имеют вид: для ели $\theta^b = \frac{0,024}{k \cdot d_n}$, а для

сосны, лиственницы, березы и осины $\theta^b = \frac{0,020}{\kappa \cdot d_n}$.

Изменение предельных моментов $M_B^{ч.и.}$ (формула 2) от $d_{1,3}$ у ели показано на рисунке 5, из которого видно, что с ростом $d_{1,3}$ момент $M_B^{ч.и.}$ наиболее резко увеличивается при $\delta \geq 0,2 d_n$, причем момент от ветра (горизонтальные пунктирные линии) силой 3-5 баллов (5+10 м/сек) превышает прочность деревьев на скос при толщине недопила $\delta \leq 0,2 d_n$.

Расчет предельных напряжений в растянутой зоне недопила $G_B^{ч.и.}$ (формула 3) при его чистом изгибе показал, что значения $G_B^{ч.и.}$ зависят от толщины недопила и диаметра деревьев: с увеличением диаметра деревьев они уменьшаются, а с увеличением толщины недопила вначале (до $\delta = 0,2 + 0,3 d_n$) растут, а затем уменьшаются. При этом их численные значения колеблются от 0,15 до 0,45 предела прочности древесины на растяжение, в то время как предельные напряжения в сжатой зоне недопила примерно равны пределу прочности древесины на изгиб.

Расчет углов φ_B (формула 4) от действия силы G_B показал, что прочность недопила обеспечивает следующий наклон деревьев в сторону повала без скола: при $\delta = 0,1 d_n$ $\varphi_B = 1,3^\circ + 2^\circ$; при $\delta = 0,2 d_n$ $\varphi_B = 4 + 5,5^\circ$; при $\delta = 0,3 d_n$ $\varphi_B = 9^\circ + 12^\circ$; при $\delta = (0,4 + 0,5) d_n$ $\varphi_B = 14^\circ + 27^\circ$.

Изменение усилия P_D^b (формула 5) от $d_{1,3}$ показано на рисунке 6, на котором горизонтальными пунктирными линиями приведены усилия P_D валочного рычага при давлениях нагнетания в поршневой полости его гидроцилиндра $P_{нг} = 100$ кгс/см² и $P_{нг} = 120$ кгс/см². Из рисунка 6 видно, что усилия P_D при $P_{нг} = 120$ кгс/см² вполне достаточно, чтобы вырвать скос деревьев $d_{1,3} 46$ см при $\delta \leq 0,5 d_n$.

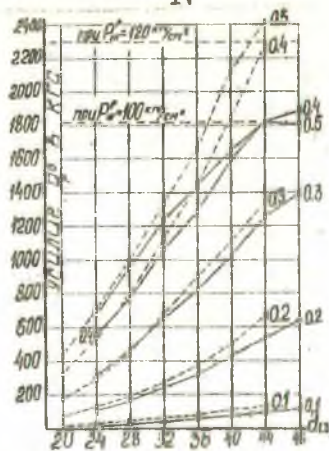


Рис.6. Изменение предельного усилия $P_{\text{в}}^{\text{в}}$ нажатия валочного рычага на дерево по условию его прочности на сжат.

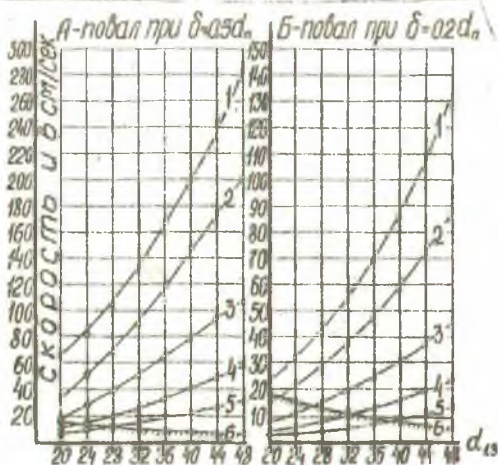


Рис.7. Изменение скоростей и от диаметра деревьев при разных углах их наклона при пилении на участке с глубиной пропила $0,8-0,9 d_n$: 1 - $\varphi_0 = 6^\circ$; 2 - $\varphi_0 = 4^\circ$; 3 - $\varphi_0 = 2^\circ$; 4 - $\varphi_0 = 1^\circ$; 5 - $\varphi_0 = 0,5^\circ$; 6 - предельно возможная скорость надвигания пилы БТМ-4 на дерево.

Расчет скоростей U (формула 7) показал (рис.7), что свободном падении наклоненных в сторону повала деревьев при $\delta = 0,2 d_n$ (от действия на них попутного ветра силой 3 + 5 баллов или валочного рычага) ВТМ-4 обеспечивает срезание без скола только незначительного количества в основном тонких деревьев ($d_{1,3} \leq 32$ см) при угле их наклона до 2° , и она совсем не обеспечивает срезания этих деревьев без скола при начале их падения при $\delta = (\pm 0,5 + 0,3) d_n$.

Для избежания повторений ниже приводятся выводы, относящиеся в основном к такому режиму работы валочной машины (ВТМ-4), который позволит уменьшить количество и размеры сколов у деревьев и улучшить направленность их повала.

В ы в о д ы

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Преждевременный повал или чрезмерное поджатие деревьев валочным рычагом ВТМ-4 при толщине недопила $\delta \geq 0,2 d_n$ ведет к образованию у них скола и поэтому недопустим, так как предельные углы наклона деревьев без скола от их начального положения очень малы, усилия валочного рычага достаточно для образования скола у деревьев, а скорость продвижения пильного орага ВТМ-4 недостаточна для их срезания без скола.

2. Опасность образования скола у деревьев зависит от величины и совпадения наклона деревьев, ветровой нагрузки и усилия валочного рычага с направлением повала. Деревья с попутным повалу наклоном и при действии на них попутного ветра имеют наибольшую опасность образования у них скола, и она растет с увеличением наклона деревьев и силы ветра. У деревьев с обратным наклоном и при действии на них встречного ветра опасность образования скола отсутствует, и она определяется только величиной усилия валочного рычага.

3. Для уменьшения количества сколов у деревьев и улучшения направленности их повала система гидроприводов валочной машины должна обеспечивать автоматическое регулирование скоростей срезания и повала в зависимости от напряженного состояния дерева в зоне пропила при совмещенных или раздельных источниках питания пильного и валочного органов.

4. Чтобы деревья были повалены в нужном направлении и срезаны без скола режим работы валочной машины (ВТМ-4) должен быть следующим:

а) усилие предварительного поджатия валочным рычагом дерева при его срезании не должно превышать такого предельного значения, при котором напряжения в сжатой зоне недопила не достигали бы предела прочности древесины на изгиб и дерево не теряло бы своей устойчивости;

б) повал не опасных к образованию скола деревьев (обратный наклон и встречный ветер) с одновременным их срезанием должен производиться при недопила равном $0,15 d_n$, повал же опасных к образованию скола деревьев необходимо начинать при недопила, не превышающем $0,1 d_n$;

в) при глубине пропила $0,95 d_n$ (недопил 2 + 4 см) перерезание оставшегося недопила необходимо прекратить и валочный рычаг должен производить повал и сопровождение деревьев до такого угла наклона (не менее 7°), при котором деревья далее самостоятельно падают в заданном направлении;

г) при одновременной работе пильного и валочного органов скорость срезания деревьев должна увеличиваться с ростом опасности образования у них скола; угловая скорость же повала деревьев, наоборот, должна увеличиваться с уменьшением опасности образования у них скола, достигая наибольшего значения (не менее $0,36$ рад/сек для валочного

рычага) при повале деревьев с обратным наклоном и при действии на них встречного ветра;

д) для повала крупных деревьев с диаметром в плоскости среза - ния до 100 см, при обратном угле их наклона до 3° и встречном ветре до 5 баллов валочный рычаг должен обеспечивать создание опрокидывающего момента, равного 9,5 тс.м.

5. Результаты настоящих исследований использованы при совершенствовании гидросистемы валочно-тралевочной машины ВТМ-4, рекомендованной к серийному производству, и они могут явиться пособием при решении вопросов комплексной механизации срезания и повала деревьев.

По основным вопросам содержания диссертации опубликованы следующие работы автора:

1. О причинах образования скола у деревьев при работе с ВТМ-4. Труды ЦНИИМЭ, сб.101, 1969.

2. Предел прочности деревьев на скол. ВНИПИЭИ - леспром. Лесоэксплуатация и лесосплав, реферативная информация № 24, 1970.

3. Оптимальный расход жидкости через гидроцилиндр рычага по вала. ВНИПИЭИ - леспром. Лесоэксплуатация и лесосплав, реферативная информация № 25, 1970.

АТ III32. Зак. 101, тир. 120 экз. Объём лп.л. 29.2.72г.

БТИ им: С.М. Кирова, г. Минск, Свердлова 13.