

634.98
B-99

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР**

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

630 Y 323.4

На правах рукописи

А. И. Вяля

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАКАЗА
ДЛИН СОРТИМЕНТОВ ПРИ РАСКРЯЖЕВКЕ
ХЛЫСТОВ НА УСТАНОВКАХ
С ПРОДОЛЬНОЙ ЦИКЛИЧНОЙ ПОДАЧЕЙ**

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

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва
1969

634.98

634.98

В-99

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

Пров. 1969 г.

На правах рукописи

БХН

А. И. ВЯЛЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ЗАКАЗА ДЛИН СОРТИМЕНТОВ
ПРИ РАСКРЯЖЕВКЕ ХЛЫСТОВ НА
УСТАНОВКАХ С ПРОДОЛЬНОЙ
ЦИКЛИЧНОЙ ПОДАЧЕЙ

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

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

2176ар

БИБЛИОТЕКА БТИ
имени С. М. КИРОВА

Москва
1969

Работа выполнена в лаборатории разделки и сортировки древесины отделения нижних лесных складов Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ).

Научный руководитель—доктор технических наук, профессор Д. К. ВОЕВОДА.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Б. А. ТАУБЕР и кандидат технических наук, доцент А. П. МАТВЕЙКО.

Научно-исследовательский институт—Свердловский научно-исследовательский институт лесной промышленности (СНИИЛП).

Автореферат разослан, _____ " _____ 1969 г.

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь

ВВЕДЕНИЕ

Основные задачи лесной промышленности в новом пятилетии, определенные директивами XXIII съезда КПСС, состоят в том, чтобы полнее обеспечить народное хозяйство высококачественными лесоматериалами. Для этого предусматривается широкое внедрение комплексной механизации и частичной автоматизации работ на всех фазах лесозаготовительных работ, создание новых средств комплексной механизации и автоматизации работ в лесной промышленности. В связи с этим особое значение приобретают исследования, имеющие целью усовершенствование их конструкции.

Одной из основных технологических операций, выполняемой на нижних складах, является раскряжевка хлыстов на сортименты, определяющие количественные и качественные показатели работы предприятия.

Важнейшей проблемой раскряжевки является получение качественной лесопродукции при максимальной производительности раскряжевочных агрегатов. Качество выпиливаемых сортиментов и производительность установки зависят от скорости подающего устройства и точности его остановки. Повышение скорости и ускорений вызывает увеличение динамических нагрузок в узлах подающего устройства. Точность остановки зависит от большого количества факторов, оказывающих влияние на движение и торможение подающего устройства с грузом. Основные задачи исследования следующие:

1. Разработка методики расчетов параметров подающих устройств.
2. Повышение производительности раскряжевочных установок.
3. Повышение точности длин отпиливаемых сортиментов.

Работа состоит из введения, пяти глав, выводов в конце каждой главы и заключения с рекомендациями. Содержание ее изложено на 220 страницах машинописного текста с 61 рисунками и графиками. Список использованной литературы включает 106 названий.

СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ВОПРОСА

Исследованию движения транспортных устройств во время неустановившихся режимов работы, определению оптимальной скорости и факторов, влияющих на точность остановки, посвящены работы Д. К. Воеводы, Г. А. Вильке, Н. П. Глущенко, А. А. Долголенко, М. П. Гончар, Б. Г. Залегаллера, В. Н. Кудрина, П. В. Ласточкина, Г. М. Васильева, И. Г. Осыховского и В. Ф. Шалавина, Н. А. Гуцелюка и др.

Анализ перечисленных исследований позволил сделать заключение, что ряд важных вопросов авторами не исследован. Так, при теоретических расчетах не учтены такие, оказывающие значительное влияние на движение и торможение подающего транспортера, факторы: возможное изменение напряжения питания электрической схемы управления, тормозного момента и к. п. д. привода; наличие колебательных процессов в приводе и тяговом органе; возможное изменение направления передачи энергии через привод; наличие люфтов в движущихся элементах привода и подающего транспортера; трение хлыста о борт транспортера, косое или неустойчивое положение хлыста на транспортере. Не проведены экспериментальные исследования процесса заказа длин сортиментов в производственных условиях.

Чтобы восполнить этот пробел, нами поставлены следующие задачи:

1. Исследовать динамику и кинематику движения подающего устройства с хлыстом при заказе длины сортимента для двух случаев: без участия приемного устройства в процессе торможения и с участием приемного устройства в процессе торможения.
2. Провести анализ систем заказа длин выпиливаемых сортиментов.
3. Исследовать процесс подачи хлыста в функции времени.
4. Исследовать влияние различных дополнительных факторов на движение и торможение подающего транспортера с хлыстом.
5. Экспериментально исследовать процесс заказа длин сортиментов в лабораторных и производственных условиях на установках с бесконтактной системой заказа и с приемным столом с упорами.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ПОДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

В основу данного теоретического исследования неустановившихся динамических процессов в механической системе

положена расчетная схема, состоящая из дискретных масс, соединенных невесовыми упругими связями. Для упрощения решения действительная многомассовая система (двигатель, редуктор и соединительные муфты привода и транспортер с хлыстом) представлена в виде двух приведенных масс (первая включает в себя массы привода, вторая—массы транспортера и хлыста).

Согласно принципу Даламбера, вращающий момент двигателя выражается.

$$M = M_{см} + M_{дин} = M_{см} + I_{np} \frac{d\omega}{dt}. \quad (1)$$

После математических преобразований получаем исходное выражение для определения времени и пути торможения.

$$M_{дин} = \frac{GD_{np}^2(\omega - \omega_0)}{39,2t}. \quad (2)$$

В случае торможения

$$M_{дин} = M_{см} + M_m = \frac{GD_{np}^2(\omega - \omega_0)}{39,2t_m}. \quad (3)$$

После расшифровки значения всех составляющих уравнения (3) и выразив ω через n , получим развернутую формулу для определения времени торможения (при $n_0 = 0$)

$$t_m = \frac{n \left(\frac{Qd_{зс}^2 \eta}{i^2} + GD_{np}^2 \right)}{375 \left(M_m + \frac{1,1Qfd_{зс}}{2i\eta} \right)}. \quad (4)$$

Используя уравнение Лагранжа второго рода выведены:

1) формула определения тормозного пути транспортера с грузом

$$S_m = \frac{v^2 \left(Q + \frac{GD_{np}^2 \eta}{d_{зс} i^2} \right)}{19,6 \left(1,1Qf + \frac{2M_m i}{d_{зс} \eta} \right)}. \quad (5)$$

2) уравнение силы удара об упор:

а) при свободно лежащем на подающем транспортере хлысте и $M_m = 0$

$$F_y = \frac{v^2 Q_{хл}}{2gS_y} + f_{сц} Q_{хл}; \quad (6)$$

б) если хлыст зажат в захватах

$$F_y = \frac{v^2 \left[Q + \frac{GD_{np}^2 \eta}{d_{зс}^2} - S_m \varphi \left(1,1Qf + \frac{2M_m i}{d_{зс} \eta} \right) \right]}{S_y}. \quad (7)$$

Для определения расстояния между датчиками перехода на пониженную скорость и окончательной остановки подающего транспортера с хлыстом (с учетом времени срабатывания электроаппаратуры) получена следующая формула

$$S_d \geq T_{1\text{ макс}} v_y + \frac{v_y^2 - v_m^2}{2a_{т\text{ мин}}}, \text{ м.} \quad (8)$$

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ДВИЖЕНИЕ И ТОРМОЖЕНИЕ ПОДАЮЩЕГО ТРАНСПОРТЕРА С ХЛЫСТОМ

Как показали теоретические исследования процесса заказа длины, а также экспериментальные исследования систем заказа и подающего транспортера в производственных условиях, их работа зависит от многих факторов, некоторые из которых не учтены в расчетных формулах.

Всю сумму факторов можно разделить на постоянные, постоянно-действующие переменные и случайные переменные. Постоянными являются скорость транспортера перед остановкой и маховой момент всех вращающихся частей.

К постоянно-действующим переменным относим те, которые меняются только по величине, а именно:

- напряжение в электрических цепях;
- вес хлыста;
- коэффициент трения;
- тормозной момент;
- к. п. д. передачи.

К случайным переменным относятся:

- изменение регулировки датчика пути (концевых выключателей, фотореле и т. п.);
- трение хлыста о борт транспортера;
- неправильное (косое) положение остатка хлыста на транспортере;
- неустойчивое положение хлыста на траверсах;
- сопротивление движению от мусора и снега в местах переходов (начало и конец подающего транспортера);
- уменьшение к. п. д. вследствие сильного сгущения масла в скоростных коробках и редукторах при низких температурах в начале работы;
- переход от большой скорости к меньшей, который может не заканчиваться к началу окончательного торможения и протекать при различном направлении передачи энергии и различной скорости перед остановкой.

Значительное влияние на параметры процесса заказа могут оказать еще:

- наличие люфтов и свободного хода в отдельных элементах привода;

— колебательные процессы во время неустановившегося режима в приводе вследствие применения гибких муфт;

— гибкость тягового органа, имеющего упругость по длине и провес цепи между траверсами, что также вызывает возникновение колебательных процессов: упругие продольные колебания цепи и автоколебания при движении в условиях сухого трения между траверсами и направляющими.

Кроме этого, установлено, что с ростом нагрузки относительная доля потерь энергии в приводе уменьшается, а к. п. д. увеличивается.

У подающего устройства нагрузка меняется от 0 до максимального значения, поэтому применение в расчетной формуле к. п. д. постоянного значения при нагрузках ниже номинального снижает точность расчетов. Чтобы устранить этот недостаток, используя методику, предложенную профессором С. А. Пресс, в расчетные формулы (4) и (5) вместо номинального к. п. д. вводим коэффициенты, учитывающие потери энергии в передаче:

A — постоянные, независимые от величины нагрузки (потери холостого хода) $A = 0,06$;

B — переменные, зависящие от нагрузки (нагрузочные потери) $B = 0,06—0,08$.

С учетом постоянных и переменных потерь уравнения (4) и (5) принимают вид:

$$t_m = \frac{n \left[\frac{Qd_{38}^2(1-B)}{i^2} + GD_{np\ sp}^2 \right]}{375 \left[M_m + M_n A + \frac{1,1Qjd_{38}(1+B)}{2i} \right]}, \text{ сек.} \quad (9)$$

$$S_m = \frac{v^2 \left[\frac{Qd_{38}}{i} + \frac{iGD_{np\ sp}^2}{(1-B)d_{38}f} \right]}{4g \left[M_m(1+B) + M_n A + \frac{1,1Qd_{38}f}{2i} \right]}, \text{ м.} \quad (10)$$

Значительное влияние на точность остановки хлыста на заданном месте оказывает изменение направления передачи энергии через привод во время неустановившихся процессов.

Определение направления передачи энергии может быть произведено при помощи метода эквивалентного вала (рис. 1), к которому приводятся все моменты, нагружающие подающее устройство. С одной стороны упрощенного эквивалентного вала действуют тормозной момент, момент потерь в приводе и момент инерции всех вращающихся масс привода, на другой — статический момент и момент инерции поступательно движущегося тягового органа, нагруженного хлыстами. Разделив эквивалентный вал сечением 2—2 на две части, определим собственные ускорения:

— слева от сечения (ускорение привода)

$$\left(\frac{d\omega}{dt}\right)_{np} = \frac{\Sigma M_m + \Sigma M_{comp}}{I_{sp}}, \quad (11)$$

— справа от сечения (ускорение транспортера)

$$\left(\frac{d\omega}{dt}\right)_{mp} = \frac{\Sigma M_{cm}}{I_n}. \quad (12)$$

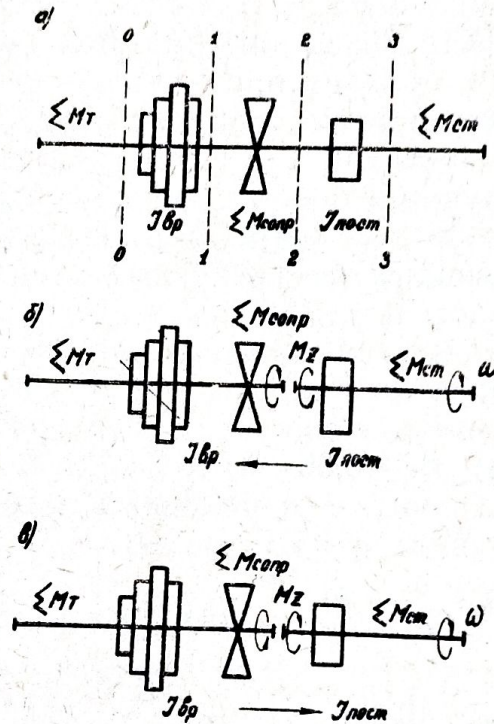


Рис. 1. Схемы эквивалентного вала.

Производим вычисления ускорений справа и слева от сечения для различных значений M_m и f при $i = 20,5$; ($GD^2_{np\ sp} = 1,5$). Направление передачи (положительное или отрицательное) определяется знаком алгебраической разности между абсолютными величинами ускорения торможения привода $\left[\frac{d\omega}{dt}\right]_{np}$ и транспортера $\left[\frac{d\omega}{dt}\right]_{mp}$.

$$\pm \frac{d\omega}{dt} = \left[\frac{d\omega}{dt}\right]_{np} - \left[\frac{d\omega}{dt}\right]_{mp}. \quad (13)$$

Полученные данные приводятся в табл. 1.

Отсюда видно, что даже в течение одного процесса торможения вследствие изменения значений M_m и f может происходить изменение направления передачи энергии через привод, что за счет люфтов в элементах привода может привести к изменению величины выбега хлыста.

Таблица 1

f	$\frac{d\omega}{dt}$ при различных значениях тормозного момента M_m , кгм											
	20			10			5			0		
	+	-	итого	+	-	итого	+	-	итого	+	-	итого
0,10	507	100	407	263	100	163	139	100	39	15	100	- 85
0,20	507	200	307	263	200	63	139	200	- 61	15	200	-185
0,30	507	300	207	263	300	- 37	139	300	-161	15	300	-285
0,40	507	400	107	263	400	-137	139	400	-261	15	400	-385

Дополнительное перемещение тягового органа с грузом (амплитуда автоколебаний) может быть определено по формуле

$$x = \frac{Q\left(\frac{a}{g} + t_n - f\right)}{K}, \text{ см.} \quad (14)$$

Согласно экспериментальным данным, упругость провисающей цепи для подающего транспортера зависит от монтажного натяжения цепи F_n и составляет:

F_n , кг	150	300	500	800
K , кг/см	44	365	3150	10800

Для определения припуска длины выпиливаемого сортамента из-за косою расположением оставшейся части хлыста нами найдено следующее уравнение:

$$\Delta l_c = \frac{1 - \cos \beta}{\cos \beta} l_1, \quad (15)$$

$$\beta = \text{arctg} \frac{l_2 - D}{l_1}, \quad (16)$$

где

l_1 — длина оставшейся части хлыста;

l_2 — ширина подающего и приемного транспортера;

D — диаметр хлыста.

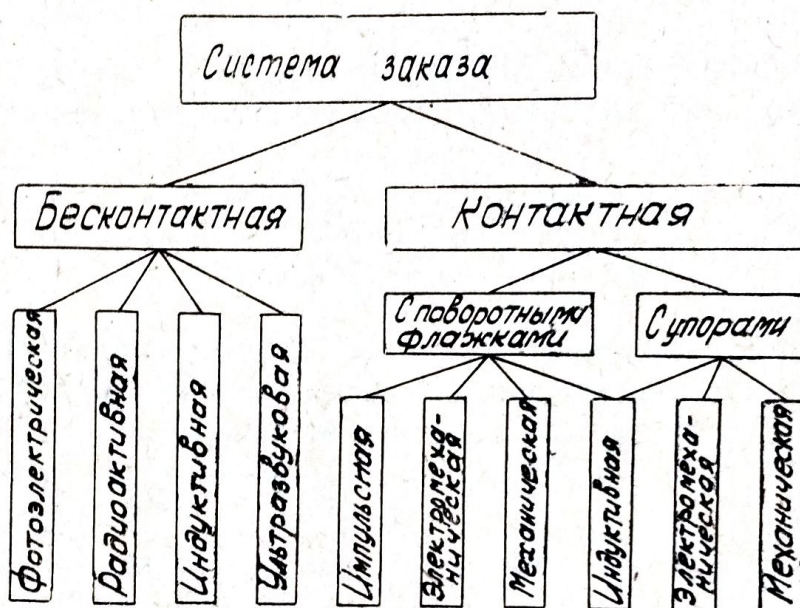
Трение хлыста о борт транспортера выражается в увеличении статического момента сопротивления

$$\Delta M_{ст макс} \leq \frac{Q_{хл} t_{сц} d_{зв}}{2}. \quad (17)$$

АНАЛИЗ СИСТЕМ ЗАКАЗА ДЛИНЫ ВЫПИЛИВАЕМЫХ СОРТИМЕНТОВ

Система заказа в полуавтоматической линии по разделке хлыстов—это целый комплекс устройств и средств управления (механических, гидравлических, пневматических, электрических, электронных или комбинированных из них систем), обеспечивающих выполнение отмера заданной заранее длины в совокупности с выполнением смежных операций технологического и транспортного порядка. Системы заказа могут быть классифицированы:

1. По способу воздействия хлыста на датчик на бесконтактные и контактные, согласно приведенной ниже схеме



К бесконтактным относятся все системы заказа с датчиками, реагирующими на продвижение хлыста без контакта с ним. К контактными нами отнесены системы заказа, в которых сам датчик может являться бесконтактным, но для того, чтобы он срабатывал, хлыст должен оказать механическое воздействие на датчик.

2. По устройству контактные датчики делятся на флажковые и с упорами. Флажковые датчики не оказывают силового воздействия на хлыст. Упоры могут воспринимать удар хлыста и непосредственно участвуют в динамике торможения транспортера с хлыстом.

3. По принципу работы датчика системы заказа подразделяются на механические, электромеханические, фотоэлектрические, электроимпульсные, индукционные, радиоактивные и ультразвуковые.

Чтобы выяснить, какой датчик, а следовательно, и система заказа наиболее полно отвечают условиям работы раскря-

жевочного агрегата, произведено их сопоставление по следующим показателям:

1. Устойчивости в работе при ударах, сотрясениях и вибрациях.

2. Наличии или отсутствии дополнительных устройств или источников тока.

3. Сравнение габаритов датчика.

По всем этим показателям бесконтактные датчики имеют определенные преимущества. Например, для подъема упора и возврата его в исходное положение (электромеханическая система заказа) при настройке датчика нужно специальное электрогидравлическое устройство.

На надежность работы электромеханической системы заказа влияет непосредственный контакт с хлыстом (удары). Весь приемный стол с упорами более громоздок, чем приемное устройство (транспортер, лоток) с бесконтактными датчиками. На основании этого можно сказать, что бесконтактные датчики пути движения хлыста являются более прогрессивными, чем контактные (с упорами).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ХЛЫСТА В ФУНКЦИИ ВРЕМЕНИ

Для вывода формул расчета величины оптимальной скорости подачи хлыста, а также длительностей отдельных составляющих и цикла в целом в качестве расчетной схемы выбран график цикла подачи хлыста при двухскоростном

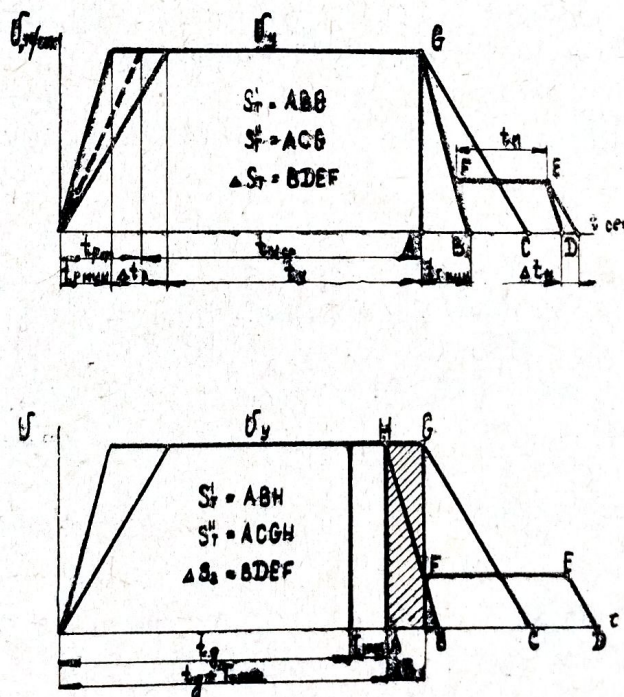


Рис. 2. График цикла подачи хлыста в координатах время—скорость:
а) без учета ΔT_1 ; б) с учетом ΔT_1 .

режиме в координатах время—скорость (рис. 2). Вывод основывается на следующих свойствах цикла подачи хлыста:

1. Выбег хлыста S''_m при минимальном значении ускорения торможения должен быть равным сумме выбега хлыста при максимальной величине ускорения торможения S'_m и пути перемещения хлыста на малой скорости ΔS_m .

$$S''_m = S'_m + \Delta S_m. \quad (18)$$

2. Общая длина выпиливаемого сортимента l_c равна суммарному пути перемещения хлыста

$$l_c = S_{p\text{ ср}} + S_{y\text{ ср}} + S''_m, \quad (19)$$

где

$S_{y\text{ ср}}$ — средний путь перемещения хлыста на установившейся скорости.

3. Общая продолжительность цикла $t_{ц}$ состоит из следующих составляющих:

$$t_{ц} = t_{p\text{ ср}} + t_{y\text{ ср}} + t_{m\text{ мин}} + t_m. \quad (20)$$

Для определения оптимальной величины скорости подачи хлыста, при которой получается минимальная продолжительность цикла, составляющие цикла выразим через скорость и продифференцируем по v_y , а из полученного выражения найдем $v_{y\text{ опт}}$.

$$v_{y\text{ опт}} = \sqrt{\frac{l_c}{\frac{1}{2a_{p\text{ ср}}} - \frac{1}{2a_{m\text{ мин}}} + \frac{1}{a_{m\text{ макс}}} + \frac{v_y}{v_m} \left(\frac{1}{a_{m\text{ мин}}} - \frac{1}{a_{m\text{ макс}}} \right)}}. \quad (21)$$

В приведенном выше исследовании не учитывалось влияние колебания времени отключения электроаппаратуры, которое выражается в увеличении колебаний выбега хлыста. Чтобы исключить влияние ΔT_1 на точность длин выпиливаемых сортиментов, необходимо выполнить условие:

$$S''_m = \frac{v_y}{2a_{m\text{ мин}}} + \Delta T_1 v_y. \quad (22)$$

Общий путь торможения транспортера с хлыстом при максимальной величине ускорения торможения будет как и в уравнении (18). После соответствующих математических преобразований получим формулу для определения $v_{y\text{ опт}}$ с учетом колебания времени отключения электроаппаратуры ΔT_1

$$v_{y\text{ опт}} = \sqrt{\frac{l_c}{\frac{1}{2a_{p\text{ ср}}} - \frac{1}{2a_{m\text{ мин}}} + \frac{1}{a_{m\text{ макс}}} + \frac{v_y}{v_m}} \times \frac{l_c}{\left(\frac{1}{a_{m\text{ мин}}} - \frac{1}{a_{m\text{ макс}}} \right) + \frac{\Delta T_1}{v_m}}}. \quad (23)$$

Чтобы оценить влияние колебания времени отключения электроаппаратуры, по уравнению (20) произведем вычисления величины $v_{y\text{ опт}}$ при различных значениях ΔT_1 для условий: $\frac{v_y}{v_m} = 4$; $a_{p\text{ ср}} = 1 \text{ м/сек}^2$; $a_{m\text{ мин}} = 2 \text{ м/сек}^2$; $a_{m\text{ макс}} = 3 \text{ м/сек}^2$.

Полученные расчетные данные сведены в таблицу 2.

Т а б л и ц а 2

$\Delta T_1, \text{ ссек}$	Оптимальная установившаяся скорость $v_{y\text{ опт}}$ м/сек при длине сортимента $l_c, \text{ м}$			
	1	2	4	6
0	0,89	1,26	1,79	2,19
0,25	0,85	1,21	1,71	2,09
0,1	0,81	1,15	1,63	2,0
0,2	0,75	1,06	1,51	1,85

Отсюда видно, что увеличение колебания времени срабатывания электроаппаратуры кроме ухудшения точности отмера длины ведет к снижению величины оптимальной скорости и производительности агрегата.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАКАЗА ДЛИНЫ СОРТИМЕНТОВ ПРИ РАСКРЯЖЕВКЕ ХЛЫСТОВ НА УСТАНОВКАХ С ПРОДОЛЬНОЙ ЦИКЛИЧНОЙ ПОДАЧЕЙ

С целью подтверждения правильности и достоверности теоретических исследований, изложенных выше, были проведены лабораторные исследования на экспериментальной установке промышленного типа (подающий транспортер ТХ-1 длиной 14 м) и в производственных условиях на работающих линиях в Оленинском леспромхозе ЦНИИМЭ.

Внедрение и проверка рекомендаций, разработанных в результате исследований, проводились в Ново-Козульском и Верхне-Томском леспромхозах Красноярского края, а также Западно-Двинском и Оленинском леспромхозах Калининской области.

Число необходимых опытов определялось по формуле, рекомендуемой доктором с.-х. наук Н. Л. Леонтьевым $n \geq \frac{v^2}{p^4}$,

где

v — коэффициент изменчивости принят равным 12%;
 p — показатель точности принят равным 5%.

Согласно принятым значениям v и p получено $n \geq 6$ нами принимался $n = 7$. Для замера пути и скорости было использовано специальное фотоэлектрическое бесконтактное устройство, что позволило зарегистрировать выбег хлыста с

точностью до 2,35 мм. Для замера скорости движения транспортера использовался также тахогенератор. Время срабатывания элементов автоматики замерялось включением вибраторов осциллографа через соответствующие контакты схемы автоматики. В качестве регистрирующего прибора был применен осциллограф МПО-2. Для измерений усилий, возникающих в тяговой цепи и в упоре приемного стола, использовались фольговые тензодатчики без усилителя, а для регистраций сигналов—осциллограф Н-700.

Все экспериментальные данные обрабатывались методами математической статистики. Во всех случаях фактически полученный показатель точности не превышал 5%. При числе наблюдений до 3760 обработка производилась методом сумм.

Исследование времени отключения электроаппаратуры управления

В ходе проведения экспериментов осциллографировался весь процесс остановки подающего транспортера с хлыстом. В результате получено процентное распределение различных значений времени отключения электроаппаратуры (от момента воздействия на путевой датчик до отключения контактора двигателя) $\Delta T_1 = 0,07—0,1$ сек.

Исследовалось также влияние колебания питающего напряжения на суммарное время отключения реле и контактора.

Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Напряжение питания	180	195	220	240
Время отключения реле и контактора	0,038	0,041	0,042	0,043

Таким образом установлено, что при падении напряжения на 20% время отключения электроаппаратуры сокращается на 10%.

Определение коэффициента трения между траверсами и направляющими подающего транспортера

Замеры, проведенные в производственных условиях, а также на стенде, дали следующие результаты (табл. 4):

Таблица 4

№№ п/п	Условия проведения замеров	Общая нагрузка на 2 траверсы	Усилие перемеще- ния	Кэффи- циент трения
1.	Направляющие покрыты ле- дяной коркой или уплотнен- ным снегом ($t^{\circ} = -(10+17)^{\circ}\text{C}$)	155	12,4—15,5	0,08—0,10
2.	Направляющие смочены мас- лом или водой $t^{\circ} = +(1+2)^{\circ}\text{C}$	155	23—31	0,15—0,20
3.	Сухой пыльный транспортер	155	45—55	0,29—0,35

Полученные данные могут быть использованы для расче-
тов статического момента сопротивления движению подающе-
го транспортера.

Определение времени и пути торможения на стенде. Выбор оптимального привода

На стенде исследовалась зависимость времени и пути
торможения от скорости, нагрузки и коэффициента трения.

Условия замеров следующие:

- вес тягового органа транспортера
(цепь с траверсами) — 1250 кг;
- маховой момент всех вращающих-
ся частей привода и транспортера — 1,5 кгм²
- передаточное число редуктора — 20,49
- диаметр ведущих звездочек туера — 0,45 м
- тормозной момент — 20 кг
- коэффициент трения и нагрузка — переменные

Для привода первого вида (без отсоединения вращающих-
ся масс) время торможения определяется графиком, приве-
денным на рис. 3.

Аналогичные исследования проводились для привода
III вида (с отсоединением вращающихся масс во время тор-
можения) (табл. 5).

Исследовалась также зависимость времени торможения от
величины тормозного момента при $f = 0,21$ и $v_y = 1,0$ м/сек
(табл. 6).

Полученные данные имеют хорошую сходимость с рас-
четными.

В ходе экспериментов были изучены и проверены в рабо-
те различные варианты перехода на малую скорость: спе-
циальные гидравлические толкатели, двухскоростные короб-

ки различной конструкции (фрикционные муфты в масле, сухие фрикционные муфты) и двухдвигательный двухскоростной привод (коробка КС-4) с сухой фрикционной муфтой. Последний оказался наиболее подходящим для бесконтактных датчиков останова, поскольку имеет следующие преимущества.

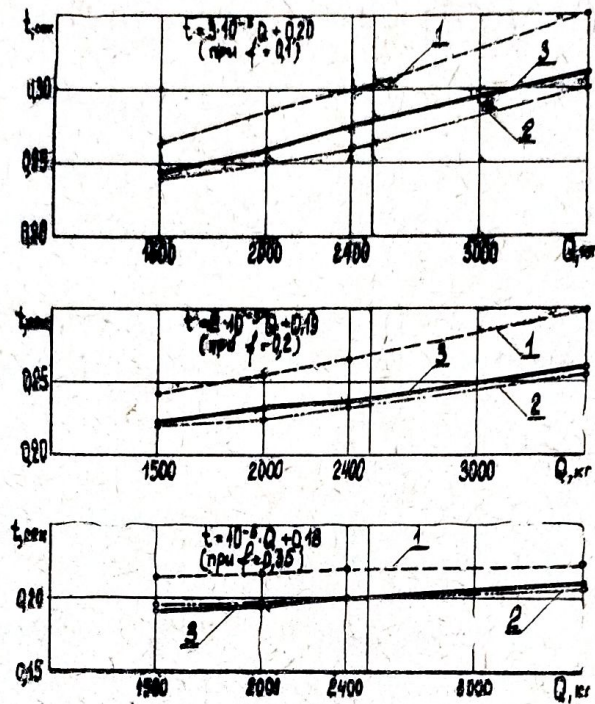


Рис. 3. Экспериментальные и расчетные графики $t_m = \varphi(Q_{хл}, f)$ для 1 вида привода:

1 — время торможения, найденное по уравнению (4); 2 — то же по уравнению (9); 3 — время торможения, определенное экспериментально.

Т а б л и ц а 5

Коэффициент трения	Время остановки транспортера в секундах при нагрузках, кг							
	1500		2000		2400		3500	
	экспериментальное	расчетное	экспериментальное	расчетное	экспериментальное	расчетное	экспериментальное	расчетное
0,08—0,1	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,20	0,21
0,2 —0,21	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18
0,30—0,35	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15

1. Возможность получить любое соотношение большой и малой скоростей (что не обеспечивается двухскоростными двигателями).

Таблица 6

Тормозной момент, кГм	Время торможения в секундах при нагрузках, кг							
	1500		2000		2400		3500	
	экспериментальное	расчетное	экспериментальное	расчетное	экспериментальное	расчетное	экспериментальное	расчетное
20	0,21	0,23	0,23	0,25	0,24	0,26	0,26	0,28
10	0,33	0,35	0,40	0,36	0,41	0,39	0,42	0,40
5	0,49	0,50	0,52	0,51	0,54	0,53	0,55	0,54
0	0,9	0,8	0,82	0,83	0,7	0,68	0,68	0,66

2. Жесткая характеристика (что не обеспечивается при использовании асинхронных двигателей с фазами ротором и ползучего режима).

3. Четкое отключение муфты при остановке (что не обеспечивается при использовании фрикционных муфт в масле).

Поэтому в производственных условиях на работающей линии были проведены эксперименты уже приводом с двухскоростной коробкой КС-4.

ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Исследования точности отмера длин и усилий, возникающих в узлах подающего транспортера проводились в Оленинском леспромхозе на раскряжевочных установках:

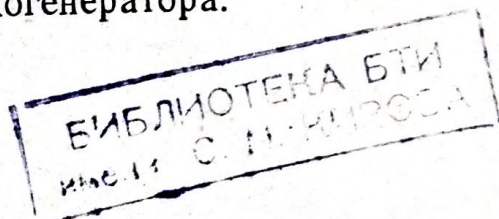
а) с бесконтактной системой заказа и приводом с двухскоростной коробкой КС-4;

б) с повышенной (до 1,8 м/сек) скоростью подачи и приемным столом с упорами.

По результатам замеров точности построены графики процентного распределения выбегов для различных линий (рис. 4).

Исследование параметров цикла подачи хлыста

Замеры всех параметров цикла подачи хлыста (продолжительности цикла, ускорений разгона и торможения, величины установившейся скорости и др.) производились на осциллограмме напряжения тахогенератора.



Средние результаты замеров приведены в табл. 7.
Анализ осциллограмм и данных их обработки показывает следующее.

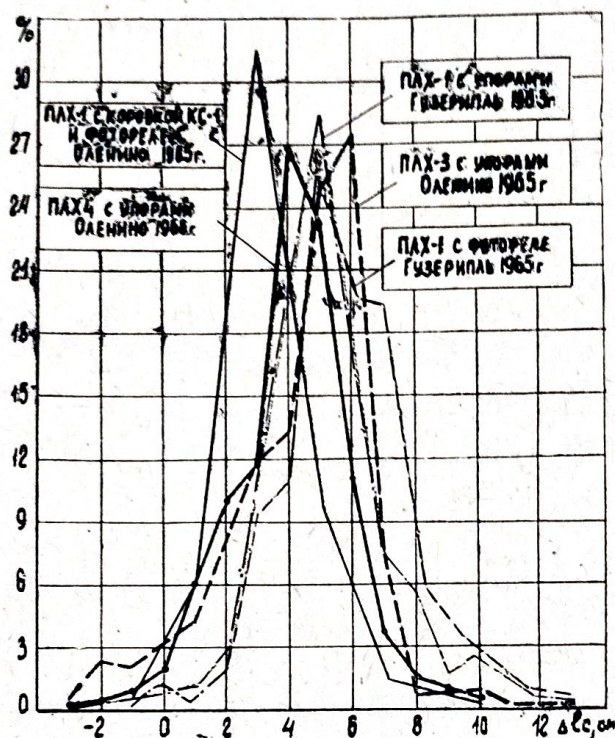


Рис. 4. График процентного распределения выбега хлыста на различных раскряжевочных установках.

Вследствие наличия люфтов в приводе и провисания цепи ротор двигателя успеет к началу разгона тягового органа набрать 50—60% от номинального числа оборотов, что соответствует скорости тягового органа в 0,85—0,9 м/сек. Фактическая же скорость тягового органа равна нулю, поэтому после выбора люфтов в приводе (к моменту начала движения тягового органа) образуется разность скоростей. Кинетическая энергия вращающегося ротора передается тяговому органу в виде рывка, число оборотов двигателя падает и скорости выравниваются. Такие же явления наблюдаются при переходе на пониженную скорость. В результате этого ускорения разгона вначале значительно (до 4—5 раз) больше среднего значения.

Установлено, что величина средней скорости подачи в зависимости от длины выпиливаемого сортимента для установки с номинальной скоростью подачи $v_y = 1,8$ м/сек определяется эмпирической формулой

$$v_{cp} = \frac{\sqrt{l_c}}{1,6 + 0,05 l_c} \quad (24)$$

Таблица 7

Вес хлыста, кг	Заказанная длина сор- тимента, м	Ускорение разгона, м/сек ²		Продолжительность движения на установив- шейся скорости, сек	Ускорение при торможе- нии противоключени- ем, м/сек ²	Движение на малой скорости		Ускорение торможения а _т , м/сек ²	Общая продолжитель- ность цикла, сек	Средняя скорость пода- чи, м/сек
		1-го скачка	а _{ср}			установившаяся скорость, м/сек	продолжитель- ность, сек			
450	2	9,7	2,40	0,30	3,5	0,63	0,50	3,1	2,40	0,84
450	4	9,8	2,40	1,56	3,5	0,64	0,65	3,2	3,35	1,19
450	6	9,5	2,20	2,39	3,4	0,65	0,65	3,2	4,60	1,31
610	2	9,5	2,0	0,31	3,4	0,62	0,55	3,2	2,50	0,81
610	4	9,8	1,90	1,50	3,3	0,61	0,40	3,1	3,40	1,17
610	6	9,4	1,95	2,40	3,4	0,60	0,45	3,1	4,65	1,29
1000	2	9,5	1,73	0,30	3,4	0,56	0,40	3,7	2,60	0,77
1000	4	9,7	1,71	1,35	3,3	0,58	0,40	3,8	3,55	1,13
1000	6	9,3	1,70	2,42	3,2	0,55	0,35	3,6	4,70	1,27

Ускорения перехода на замедленную скорость и окончательная остановка при $f = 0,25-0,28$ составила $3,1-3,8$ м/сек². При снижении величины коэффициента трения между направляющими транспортера и траверсами до 0,1 минимальное ускорение торможения составило $2,0$ м/сек².

По полученным данным произведены расчеты оптимальных скоростей подачи хлыста, соответствующей длине выпиливаемого сортимента и фактическим ускорениям торможения. Результаты экспериментальных исследований показывают, что выбранная скорость $1,7-1,8$ м/сек соответствует средней длине сортимента $l_c = 2-3,5$ м. Если на линии выпиливаются в основном сортименты длиной $5-6$ м (например в условиях Сибири или на приречных складах, тогда номинальную скорость подающего транспортера следует поднять до $2,2-2,5$ м/сек.

Определение усилий в узлах линии

При осциллографировании параметров цикла записывались также величины усилий в тяговой цепи и удара хлыста в упор приемного стола.

Усредненные данные обработки осциллограмм приведены в табл. 8.

Таблица 8

Вес хлыста, кг	Напряжение цепи монтажное, кг	Усилие в тяговом звене, кгс			Удар хлыста в упор приемного стола			
		скачки нагрузки при разгоне до скорости 1,7 м/сек		при установившемся движении ($v_y = 1,7$ м/сек)	скорость в момент удара, м/сек	продолжительность импульса, сек	ускорение торможения хлыста при ударе, м/сек ²	сила удара, кг
		I-й скачок	II-й скачок					
450	350	1520	740	450	0,73	0,03	24	1350
610	350	1600	800	490	0,72	0,036	20	1650
1000	350	1720	1040	610	0,71	0,04	18	2490

По данным таблицы 8 видно, что в начальный момент разгона динамическое усилие в тяговом органе около трех раз превышает усилие статистического сопротивления движению.

Как видно из формулы (6), сила удара зависит от нагрузки (прямая зависимость) и от скорости (квадратичная зависимость). Поэтому проводились также исследования зависимости силы удара от скорости в момент удара (при $Q =$

= 1000 кг). Усредненные результаты обработки осциллограмм приведены в табл. 9.

Таблица 9

Скорость движения хлыста, м/сек	0,5	0,75	1,0	1,55	1,7
Сила удара хлыста в упор, кг	1500	2100	3600	6000	7500

В ходе экспериментов нами выявлено, что удар хлыста в упор ведет к возникновению упругих продольных колебаний в тяговом органе (рис. 5). Результаты обработки осциллограмм приведены в табл. 10.

Таблица 10

Величина силы удара в упор, кг	Параметры дополнительного усилия в тяговой цепи	
	величина	частота
7500	875	13—16
5000	650	13—16
3500	450	13—16
2500		

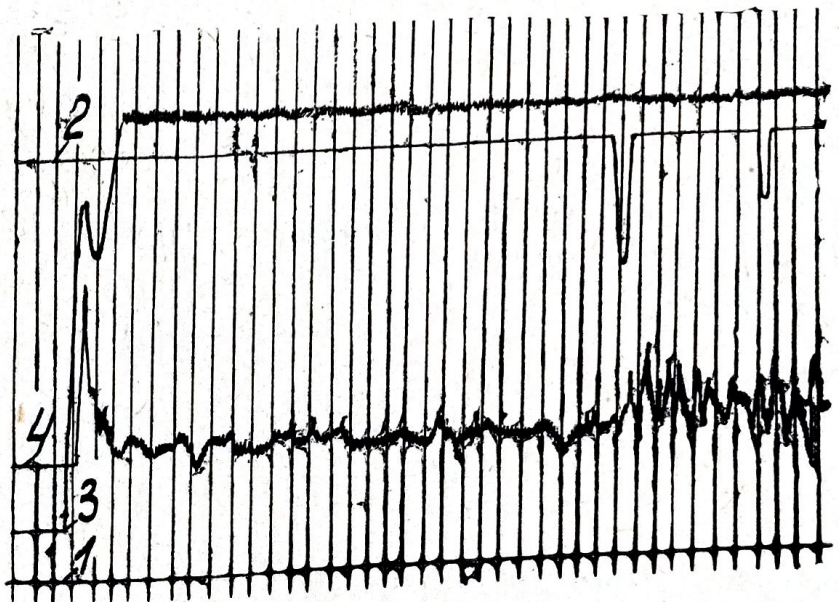


Рис. 5. Осциллограмма цикла подачи и усилий, возникающих в узлах установки:

1 — нулевая линия; 2 — сила удара; 3 — напряжение тахогенератора, 4 — усилия в тяговых цепях.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПОДАЧИ ХЛЫСТА И ПРИМЕНЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАКАЗА В РАСКРЯЖЕВОЧНЫХ УСТАНОВКАХ С ПРОДОЛЬНОЙ ЦИКЛИЧНОЙ ПОДАЧЕЙ

Нами определена экономическая эффективность повышения скорости подачи хлыста и применения бесконтактных датчиков останова. Расчет выполнен в двух вариантах: эффективность повышения скорости (I вариант); эффективность повышения скорости и применение бесконтактной системы заказа (II вариант).

Определение экономической эффективности выполнено по типовой методике. За базовый вариант принята выпускаемая в настоящее время серийно линия ПЛХ-3.

Для расчета приняты следующие условия: количество рабочих дней в году—250; количество рабочих смен в году—500; средний объем хлыста—0,28; 0,50; 0,62 м³. Стоимость электроэнергии, квтч, руб.—0,02.

В результате расчетов получены затраты на 1 м³ готовой продукции (табл. 11):

Таблица 11

Средний объем хлыста, м ³	Расчетная производительность в смену, м ³		Себестоимость 1 м ³ , руб.		
	базовый вариант	новое оборудование	базовый вариант	новое оборудование	
		I и II варианты		I вариант	II вариант
0,28	120,0	140,0	0,285	0,255	0,240
0,50	173,0	200,0	0,199	0,178	0,168
0,62	200,0	235,0	0,172	0,15	0,143

Расчетная годовая экономия от внедрения одной установки составляет для I варианта 2,1—2,5 тыс. руб.; для II варианта—3,1—3,5 тыс. руб. Окупаемость дополнительных капиталовложений—менее одного года.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработана методика теоретических и экспериментальных исследований и получены расчетные формулы, позволяющие с достаточной степенью точности определить следующие параметры процесса заказа длины сортиментов: опти-

мальную величину номинальной скорости, ускорения, время и путь в периоды неустановившегося движения, расприпусков в длине выпиливаемых сортиментов в результате влияния различных дополнительных факторов, продолжительности и средние скорости цикла подачи, усилия, возникающие в узлах подающего и приемного устройств.

2. Применение скорости $0,15$ м/сек при подходе хлыста к датчику бесконтактной системы заказа обеспечивают в лабораторных условиях точность длин выпиливаемых сортиментов в пределах ± 2 см.

В производственных условиях эта скорость обеспечивает получение точности отмера длин выпиливаемых сортиментов в тех же пределах, что и на установках, где отмер производится при помощи приемного стола с упорами.

3. Величина тормозного пути подающего транспортера, нагруженного хлыстами, при работе установки в производственных условиях, кроме постоянно действующих факторов (скорости, нагрузки, коэффициента трения) зависит в значительной степени еще от ряда факторов: регулировки путевого датчика, трения хлыста о борт подающего транспортера, устойчивости положения хлыста на транспортере, а также состояния масла в редукторе при минусовых температурах, наличия люфтов и свободного хода в отдельных элементах привода, гибкости соединительных муфт и провисания приводных и тяговых цепей.

В результате этого выбег хлыста (припуск в длине сортимента) независимо от вида систем заказа (бесконтактный или с упорами) может колебаться в пределах $\pm 5-6$ см. Процентное распределение припусков подчиняется закону нормального распределения.

4. Коэффициент трения между металлическими траверсами и деревянными направляющими подающего транспортера в зависимости от условий работы меняется, и при покрытии направляющего транспортера льдом или снегом, отработанным маслом или водой соответственно составляет $0,08-0,10$ и $0,15-0,20$. Для сухих направляющих, не имеющих смазки, коэффициент трения— $0,35$.

5. При снижении напряжения в цепи питания электроаппаратуры управления на 1% время отключения меняется на $0,5\%$.

6. Применив бесконтактную систему заказа, точность остановки хлыста достигается при условии, если пересечение хлыстом створа второго датчика происходит не раньше, чем пониженная скорость достигает устойчивого значения.

7. Для получения пониженной скорости рекомендуется применять двухскоростной привод с двумя двигателями и электромагнитными муфтами. Такая схема привода позволяет

получить необходимое соотношение рабочей и пониженной скоростей, облегчает режим работы двигателей, уменьшает момент инерции системы.

8. Для повышения надежности и долговечности подающих и приемных устройств следует стремиться к применению бесконтактных систем заказа, а для повышения точности отмера длины выпиливаемых сортиментов—к исключению люфтов и провиса цепей в элементах устройства и к увеличению жесткости связи между хлыстом и точкой приложения усилия (движущего и тормозного).

9. Повышение скорости подачи хлыста до 2 м/сек позволяет повысить производительность раскряжевочной установки в среднем на 15—18% и дает экономический эффект 2,1—2,5 тыс. руб. в год.

Некоторые из выводов (п. 6, 7 и 9) подтверждены исследованиями других авторов, часть рекомендаций (п. 8 и 9) учтены при модернизации существующих и проектировании новых раскряжевочных установок (ПЛХ-4,5).

Основные положения диссертационной работы были доложены на заседаниях секции ученого совета ЦНИИМЭ в 1964, 1966 и 1968 годах, а также изложены в следующих статьях автора:

1. Исследование влияния различных факторов на точность работы систем заказа длин при раскряжевке древесины на полуавтоматических линиях. Труды ЦНИИМЭ, 1964 г., сборник 52.

2. Модернизация привода раскряжевочных станков линии ПЛХ-1 и ПЛХ-2. Журнал «Лесная промышленность» № 10, 1965 г. (совместно с другими авторами).

3. Исследование времени и пути остановки подающего транспортера в раскряжевочных линиях с продольной подачей. Труды ЦНИИМЭ, 1967 г., сборник 79.


4. Влияние некоторых свойств привода и тягового органа подающего транспортера на точность длин выпиливаемых сортиментов на полуавтоматических линиях типа ПЛХ. Труды ЦНИИМЭ, 1968 г., сборник 94.

5. Определение оптимальной скорости продольной подачи хлыста в раскряжевочных агрегатах. Труды ЦНИИМЭ, 1968 г., сборник 94.

Перечень условных обозначений

- a_p — ускорение разгона, м/сек²;
 a_m — ускорение торможения;
 $a_{m \text{ мин}}$ — минимальное ускорение торможения;
 $a_{m \text{ макс}}$ — максимальное ускорение торможения;
 $\frac{d\omega}{dt}$ — угловое ускорение, 1/сек²;

- v — скорость тягового органа транспортера и хлыста, м/сек;
- v_y — номинальная скорость;
- $v_{y\text{ опт}}$ — оптимальное значение номинальной скорости;
- v_m — малая (пониженная) скорость подхода хлыста к датчику останова;
- n — скорость вращения вала двигателя, об/мин;
- S_m — тормозной путь транспортера с хлыстом (выбег хлыста), м;
- $S_{m\phi}$ — тормозной путь до удара в упор;
- S_y — тормозной путь во время удара (за счет упругости упора);
- $M_{ст}$ — статический момент сопротивления движению, кгм;
- M_m — тормозной момент тормоза, кгм;
- I_{np} — приведенный (к валу движения) момент инерции, кгм/сек²;
- $I_{вр}$ — приведенный момент инерции всех вращающихся масс;
- I_n — приведенный момент инерции всех поступательно движущихся масс;
- GD^2_{np} — приведенный (к валу двигателя) маховой момент всех движущихся масс, кгм²;
- $GD^2_{np\text{ вр}}$ — приведенный маховой момент всех вращающихся масс, кгм²;
- $GD^2_{np\text{ п}}$ — приведенный маховой момент всех поступательно движущихся масс, кгм²;
- $Q_{хл}$ — вес хлыста, кг;
- $Q_{тр}$ — вес поступательно движущихся частей транспортера, кг;
- Q — суммарный вес хлыста и транспортера, кг;
- F_y — сила удара хлыста об упор, кг;
- $d_{зв}$ — диаметры ведущей звездочки транспортера, м;
- K — упругость тягового органа и привода подающего транспортера; кг/см;
- i — передаточное отношение привода;
- η — к. п. д. привода;
- f — коэффициент трения между траверсами и направляющими подающего транспортера;
- f_n — коэффициент трения покоя;
- $f_{сц}$ — коэффициент трения (сцепления) между хлыстом и траверсами подающего транспортера;

- T_1 — время отключения электроаппаратуры управления;
 t_m — время торможения транспортера с хлыстом;
 t_p — время разгона транспортера с хлыстом;
 t_y — время перемещения транспортера на установившейся скорости;
 t_m — время перемещения транспортера на установившейся малой скорости;
 l_c — длина сортифта.
- 

Бумага 60×90¹/₁₆
Тираж 120

Подписано к печати 10/VII-69 г.
Печ. л. 1,5

Л-34340
Заказ 129

Типография ЦНИИМЭ