

24.98
Г-96

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт
им.С.М.Кирова

На правах рукописи

И.И.ГУСЛИЦЕР

ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАНОВОК С ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ
ДЛЯ РАЗГРУЗКИ ХЛЫСТОВ И ДЕРЕВЬЕВ С КРОНОЙ
НА НИЖНИХ СКЛАДАХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

(Специальность 420. Машины, механизмы и
технология лесоработок, лесозаготовок
и лесного хозяйства).

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

БИБЛИОТЕКА
имени С. М. КИРОВА

Красноярск, 1968

634.98
Г-96

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт
им.С.М.Кирова

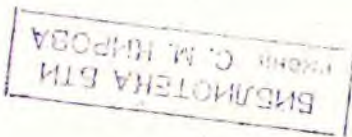
На правах рукописи

И.И.ГУСЛИЦЕР

ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАНОВОК С ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ
ДЛЯ РАЗГРУЗКИ ХЛЫСТОВ И ДЕРЕВЬЕВ С КРОНОЙ
НА НИЖНИХ СКЛАДАХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

(Специальность 420. Машины, механизмы и
технология лесоработок, лесозаготовок
и лесного хозяйства).

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук



Красноярск, 1968

2033 ар.

Работа выполнена в Коми филиале АН СССР (теоретическая часть диссертации, эксперименты в масштабе геометрического подобия 1:20 и обоснование параметров разгрузочных установок), в Сибирском научно-исследовательском институте лесной промышленности (эксперименты в природе и обоснование выбора типов установок для разгрузки).

Экспериментальные работы в природе проведены в Емельяновском опытном лесхозе СибНИИЛПа.

Натурные наблюдения проводились в лесозаготовительных предприятиях Коми АССР, Марийской АССР, Якутской АССР и Красноярского края.

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент СУЛХАНОВ П.П.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор ВОЕВОДА Д.К. и кандидат технических наук, доцент КОВАЛЕВ Н.Ф.

Ведущее предприятие: производственное объединение "Красноярсклеспром".

Автореферат разослан "13" августа 1968 г.

Защита диссертации состоится "15" сентября 1968 г. на заседании совета Белорусского технологического института им.С.М.Кирова, г.Минск, ул.Свердлова, 13 IU корпус, аудитория 220

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь совета

Н.П.БЛИНЦОВА

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966-1970 гг. подчеркнута роль подъема производительности труда в решении задач коммунистического строительства.

На нижних складах лесовозных дорог одними из наиболее трудоемких являются разгрузочные работы. Трудозатраты на разгрузке подвижного состава в настоящее время достигают 13 % от трудозатрат на основных нижнескладских работах. Уровень механизации труда на разгрузке, при использовании наиболее распространенного типа разгрузочных установок - бревносвала, не превышает 20 %. Неоправданно велико многообразие типов разгрузочных установок применяемых на нижних складах.

Целью настоящей работы является исследование разгрузочных установок с гибкими связями, осуществляющих разгрузку подвижного состава, путем перемещения пакета хлыстов или деревьев с кроной по жестким или гибким направляющим.

В процессе исследований решаются следующие задачи.

1. Определяется область применения разгрузочных установок различных типов, обеспечивающих максимальный подъем производительности труда, с учетом грузооборота поточных линий и создания буферного запаса.

2. Устанавливаются кинематические зависимости скоростей, ускорений движения груза и натяжений в тросах при перемещении груза с коников на эстакаду и по эстакаде.

3. Устанавливаются оптимальные параметры разгрузочных установок.

4. Устанавливаются масштабы и константы подобия применительно к моделированию разгрузочных установок с гибкими связями.

В диссертационной работе не рассматриваются динамические явления в тросах разгрузочных установок в связи с тем, что этот вопрос получил в 1966 году в достаточной степени

глубокое освещение в диссертационной работе В.С.Цибизова "Исследования и разработка разгрузочных установок для нижних складов".

АНАЛИЗ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗГРУЗОЧНЫХ УСТАНОВОК РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ.

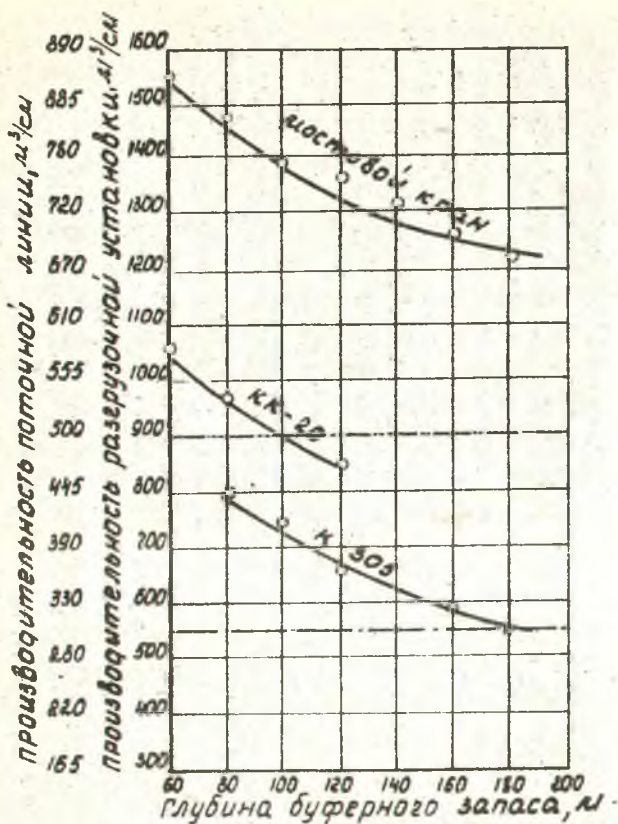
На нижних складах применяется до 10 типов разгрузочных установок с гибкими связями, перемещающих груз без отрыва от направляющих (табл. I и 2).

Для создания примыкающего к поточной линии буферного запаса хлыстов в настоящее время применяют преимущественно крановые установки. Их анализ показывает, что при расчетной производительности поточных линий 500 м^3 в смену (300 тыс. м^3 в год) необходимая производительность разгрузочных установок — 900 м^3 в смену обеспечивается только мостовыми кранами (рис. I, табл. 3).

При расчетной производительности поточных линий 250 м^3 в смену (150 тыс. м^3 в год) необходимая производительность разгрузочных установок 450 м^3 в смену обеспечивается как мостовыми, так козловыми и кабельными кранами. Однако, применение кабелькранов исключается, т.к. нормативный буферный запас не вписывается в пролет серийных кабельных кранов. Расчетная производительность 250 м^3 в смену обеспечивается помимо мостовых и козловых кранов мачтовыми бревностаскивателями (табл. 3), применение которых, при отсутствии ограничений по глубине штабеля буферного запаса, более предпочтительно для этого грузооборота.

При производительности поточной линии $125-170 \text{ м}^3$ в смену ($75-100 \text{ тыс. м}^3$ в год) необходимая производительность разгрузочных установок $225-300 \text{ м}^3$ обеспечивается установкой РРУ-10 (табл. 3).

Наряду с тросовыми установками для разгрузки и создания буферного запаса могут найти также применение автомобильные и челюстные тракторные погрузчики.



П см										
250 м³	3,4	4,6	5,8	6,4	8,0	9,2	10,2	11,4	} H=6м	
500 м³	1,7	2,3	2,9	3,2	4,0	4,6	5,1	5,7		
250 м³	4,6	6,2	7,6	9,2	10,6	12,2	13,8	15,2	} H=8м	
500 м³	2,3	3,1	3,8	4,6	5,3	6,1	6,9	7,6		
	Величина буферного запаса, дней									

Рис. I Зависимость производительности крановых установок для разгрузки и создания буферного запаса древесины от геометрических параметров штабеля буферного запаса хлыстов.

Обозначения

- - - - - минимально необходимая производительность разгрузочной установки при производительности поточной линии 250 м³ в смену
- - - - - то же, при производительности поточной линии 500 м³ в смену

При использовании таких дорогих и сложных установок как мостовые краны и автопогрузчики большой грузоподъемности, в случае аварии последних, останавливается вся поточная линия. Этот недостаток может быть устранен путем комбинирования мостового крана или автопогрузчика с бревностаскивателем типа РРУ-10 или бревносталкивателем (табл. 3). В этом случае, на разгрузке с подвижного состава на разгрузочную эстакаду, используется РРУ-10 или бревносталкиватель с дистанционным управлением, а мостовой кран или автопогрузчик до 45% от продолжительности рабочей смены используется на создании буферного запаса и передаче древесины из последнего на эстакаду. При этом, более 55% рабочей смены мостового крана или автопогрузчика может быть загружено на других нижнескладских работах, не связанных с обеспечением древесиной поточной линии.

Комбинирование бревносталкивателей или бревностаскивателей (на разгрузке) с мостовыми кранами или автопогрузчиками большой грузоподъемности (на создании буферного запаса), по сравнению с комплексным использованием последней, позволяет получить значительный экономический эффект и снизить эксплуатационные расходы.

Классификация разгрузочных установок периодического действия

Таблица I

№ пп	Вид грузозахватного устройства	Род связи, обеспечивающей перемещение груза в сторону разгрузки	Характер перемещения груза	Наименование разгрузочных установок	
				Стационарные и перемещаемые внешним источником тяги	Передвижные (мобильные)
I. ГИБКОЕ					
1.	Открытая лопарная петля	Гибкая	По направляющим	Бревностаскиватели (комплексный и универсальный разгрузатели)	Лебедка трактора
2.	Закрытая и удавная петли	Гибкая	а) по направляющим	Бревностаскиватели (комплексный и универсальный разгрузатели, диагональная тросовая система, РРУ)	Лебедка трактора
			б) по воздуху	Кабелькран	Козловый кран Мостовой кран
II. ЖЕСТКОЕ					
1.	Вилки с удерживающими скобами	Жесткая	По воздуху		Автопогрузчик-стакер (грузоподъемность, превышающая нагрузку на рейс подвижного состава).
2.	Вилки с переменным углом наклона	Жесткая	По направляющим		Автопогрузчик
3.	Выдвижной упор	Жесткая	По направляющим	Гидротолкатель, механический толкатель	Гидротолкатель, механический толкатель
4.	Выдвижной упор	Гибкая	По направляющим	Бревносталкиватель СибНИИЛПа, разгрузчик-сталкиватель ЦНИИМЭ	
5.	Крюковой захват	Гибкая	По направляющим	Скреперный разгрузатель	
6.	Шарнирный захват	Гибкая	По направляющим	Разгрузатель с выдвижными балками ЦНИИМЭ	
7.	Качающийся упор	Жесткая	По направляющим		Тракторный толкатель
8.	Грузовая площадка	Гибкая	По направляющим	Бревностас В-Канского ЛПК	
9.	Грейфер	Гибкая	По воздуху		Козловый кран Мостовой кран

Характеристика разгрузочных установок с гибкими связями, применяемых на нижних складах.

Тип разгрузочной установки	Достоинства	Недостатки
А. Разгрузочные установки с гибким грузозахватным устройством		
1. Бревносвалы	Быстрота разгрузки. Подвижной состав разгружается за один прием.	Большая тросоёмкость. Наличие многократных полиспастов. Сложность эксплуатации. Хлысты не могут быть поданы вглубь эстакады. Ручная прицепка груза.
2. Бревнотаскиватели с открытой и закрытой петлей.	Те же, что и в п.1. Кроме того малая кратность полиспастов или их отсутствие. Малая тросоёмкость. Хлысты могут быть разгружены на любую часть эстакады.	Ручное оттаскивание разгрузочных тросов к подвижному составу, ручная прицепка, отцепка груза.
3. Комплексный разгрузатель.	Те же, что и в п.2. Кроме того обеспечение механизированной подачи разгрузочных тросов к подвижному составу.	Ручная прицепка и отцепка груза.
4. Универсальный разгрузатель	Те же, что и в п.3. Кроме того обеспечение постоянства натяжений в тросах при перемещении груза.	Те же, что и в п.3
5. Диагональная схема	Те же, что и п.4. Отсутствие мачт.	Повышение, по сравнению с разгрузателями по пп.3,4, натяжений в тросах. Ручная прицепка и отцепка груза.
6. Разгрузочно-рас-таскивающее устройство.	Те же, что в п.5	Те же, что и в п.5
Б. Разгрузочные установки с жестким грузозахватным устройством.		
7. Разгрузочное устройство с каретками на выдвинных балках.	Быстрота разгрузки. Подвижной состав разгружается за I прием. Отсутствие ручного труда на захват и освобождение груза. Отсутствие специальной площади для размещения разгрузателя.	Требует качественной погрузки, фиксированного уровня путепровода. К одному разгрузателю не могут подаваться автомашины разных типов (ЗИЛы, МАЗы, КРАЗы). Высокая металлоёмкость. Консольный вынос разгружающих балок за край эстакады более чем на 4 м. Большое сечение разгружающих балок.
8. Разгрузчик-сталкиватель ЦНИИМЭ	Быстрота разгрузки. Подвижной состав разгружается за I прием, малая тросоёмкость. Отсутствие ручного труда на захват и освобождение груза. Дистанционное управление.	Требует устройства добавочной площадки под разгрузатель. Требует качественной погрузки и фиксированного уровня путепровода, хотя и в меньшей степени чем по п.7.
9. Бревноталкиватель СионииЛП	Те же, что и в п.8. Кроме того, одна лебедка с тремя барабанами (одним холостым и двумя грузовыми) обслуживает два разгрузателя.	Те же, что и в п.8
10. Скреперный разгрузатель	Те же, что и в п.7. Кроме того, почти полное снятие горизонтальной нагрузки с коников подвижного состава при разгрузке.	Те же, что и в п.7.

Область применения разгрузочных установок и их сочетаний в зависимости от грузооборота и габаритов буферного запаса.

Тип разгрузочной установки	Грузооборот, тыс.м ³					
	75		150		300	
	Высота штабеля, м	Глубина штабеля, м	Высота штабеля, м	Глубина штабеля, м	Высота штабеля, м	Глубина штабеля, м
Мостовой кран	-	-	8 ^x	65 ^x	8	130
Автопогрузчик	-	-	6 ^x	90 ^x	6	180
Бревнотаскиватель мачтовый	-	-	4	140	-	-
Бревнотаскиватель безмачтовый РРУ-10	3	90	-	-	-	-

Примечание I. При комплексном использовании разгрузочных установок.

II. При комбинированном использовании разгрузочных установок.

Бревнотаскиватель в сочетании с мостовым краном	-	-	8	65	8	130
Бревнотаскиватель безмачтовый в сочетании с автопогрузчиком грузоподъемностью, превышающей вес пакета	-	-	6	90	6	180

Примечание: ^x/ Рекомендуется к применению при стесненных условиях размещения буферного запаса.

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТЕЙ, УСКОРЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗА И НАТЯЖЕНИЙ В ТРОСАХ, ПРИ ЕГО ПЕРЕМЕЩЕНИИ.

Скорости (\bar{U}) и ускорения (\bar{a}) движения груза, перемещаемого гибкими связями, могут быть выражены через переменный

угол наклона к горизонту разгрузочных тросов (δ) или через соотношение величин удаленности груза от мачт (l) и высоты мачт над уровнем эстакады (k). В общем случае перемещения груза вверх по наклонным направляющим

$$\frac{dl}{dt} = U = \frac{U_k}{\cos(\delta - \alpha)} = \frac{U_k \cdot \sqrt{l^2 + k^2}}{l \cdot \cos \alpha + k \cdot \sin \alpha} \quad \text{и}$$

$$\frac{d^2 l}{dt^2} = \bar{a} = U_k^2 \frac{k^2 \cdot \cos^2 \alpha - l^2 \cdot \sin^2 \alpha}{(l \cdot \cos \alpha + k \cdot \sin \alpha)^3} \quad \begin{array}{l} \text{для} \\ \text{бревно-} \\ \text{стаскива-} \\ \text{теля с} \\ \text{закрытой} \\ \text{петлей.} \end{array}$$

$$\frac{dl}{dt} = \frac{U_k}{1 + \cos(\delta - \alpha)} = \frac{U_k \cdot \sqrt{l^2 + k^2}}{\sqrt{l^2 + k^2} + l \cdot \cos \alpha + k \cdot \sin \alpha} \quad \text{и}$$

$$\frac{d^2 l}{dt^2} = U_k^2 \frac{k^2 \cdot \cos^2 \alpha - l^2 \cdot \sin^2 \alpha}{(\sqrt{l^2 + k^2} + l \cdot \cos \alpha + k \cdot \sin \alpha)^3} \quad \begin{array}{l} \text{для бревно-} \\ \text{стаски-} \\ \text{вателя с} \\ \text{открытой} \\ \text{петлей.} \end{array}$$

$$\frac{dl}{dt} = \frac{U_k}{1 - \cos(\delta + \alpha)} = \frac{U_k \cdot \sqrt{l^2 + k^2}}{\sqrt{l^2 + k^2} - l \cdot \cos \alpha + k \cdot \sin \alpha} \quad \text{и}$$

$$\frac{d^2 l}{dt^2} = U_k^2 \frac{k^2 \cdot \cos^2 \alpha - l^2 \cdot \sin^2 \alpha}{(\sqrt{l^2 + k^2} - l \cdot \cos \alpha + k \cdot \sin \alpha)^3} \quad \text{для бревновала.}$$

С приближением груза к мачтам бревнотаскивателей (с увеличением угла δ) скорости и ускорения движения груза возрастают. Для бревновала скорости и ускорения возрастают с удалением груза от мачт. Скорости движения груза, при его перемещении тросами с открытой петлей бревнотаскивателя и бревновала, графически могут быть представлены одной непрерывной кривой скорости груза, изменяющейся от половинной скорости каната до значений, во много раз превышающих скорость каната, и пересекающей ось ординат при значениях скорости груза равных скорости каната (рис.2а).

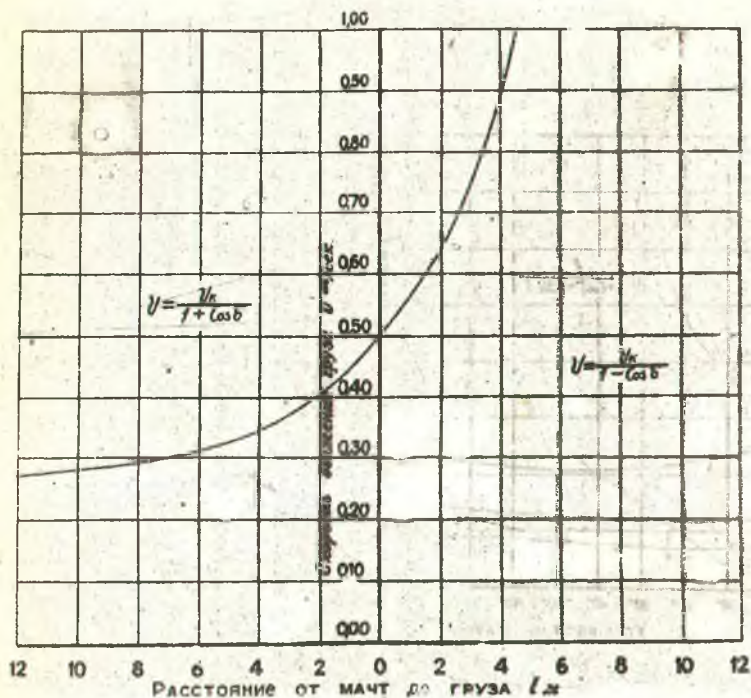


Рис.2а Иллюстрация взаимосвязи скоростей движения груза, в зависимости от удаленности груза от мачт, при перемещении груза тросами бревностаскивателя с открытой петлей (левая сторона графика) и бревносвала (правая сторона графика).

Эстакада горизонтальная. Высота мачт - 8 м

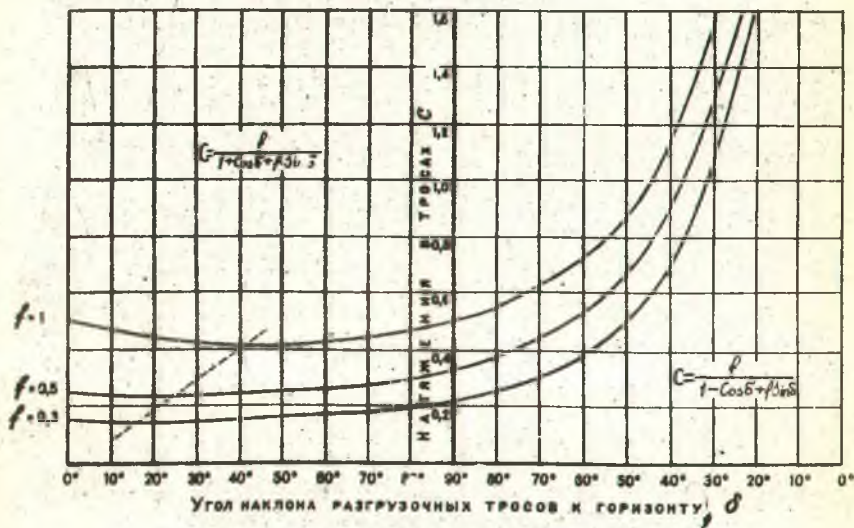


Рис.26 Иллюстрация взаимосвязи натяжений в тросах, в зависимости от наклона разгрузочных тросов к горизонту, при разгрузке бревностаскивателем с открытой петлей (левая сторона графиков) и бревносвалом (правая сторона графиков). Эстакада горизонтальная. Высота мачт над уровнем эстакады - 8 м

Натяжения в тросах, также как скорости и ускорения, в общем случае являются функцией от переменных δ или ℓ и k . На натяжения в тросах оказывают влияние угол наклона к горизонту направляющих (α), коэффициент трения скольжения груза по направляющим (f) и показатель, характеризующий трение гибкой нити о груз, (M).

Для бревностаскивателя с закрытой петлей натяжения в грузовых тросах определяются зависимости:

$$T = G \frac{\pm \sin \alpha + f \cos \alpha}{\cos(\delta \mp \alpha) + f \sin(\delta \mp \alpha)} =$$

$$= G \frac{(\pm \sin \alpha + f \cos \alpha) \cdot \sqrt{\ell^2 + k^2}}{\ell (\cos \alpha \mp f \sin \alpha) + k (\sin \alpha \pm f \cos \alpha)}$$

Для бревностаскивателя с открытой петлей натяжения в сбегающих ветвях разгрузочных тросов

$$T = G \frac{M(\pm \sin \alpha + f \cos \alpha)}{1 + M \cos(\delta \mp \alpha) + M f \sin(\delta \mp \alpha)} =$$

$$= G \frac{M(\pm \sin \alpha + f \cos \alpha) \cdot \sqrt{\ell^2 + k^2}}{\sqrt{\ell^2 + k^2} + M \ell (\cos \alpha \mp f \sin \alpha) + M k (\pm \sin \alpha + f \cos \alpha)}$$

Для бревностала:

$$T = G \frac{M(\pm \sin \alpha + f \cos \alpha)}{1 - M \cos(\delta \pm \alpha) + M f \sin(\delta \pm \alpha)} =$$

$$= G \frac{M(\pm \sin \alpha + f \cos \alpha) \cdot \sqrt{\ell^2 + k^2}}{\sqrt{\ell^2 + k^2} + M k (\pm \sin \alpha + f \cos \alpha) - M \ell (\cos \alpha \mp f \sin \alpha)}$$

Формулы скоростей, ускорений движения груза и натяжений в тросах, выведенные для общего случая перемещения груза вверх по наклонным направляющим, могут быть использованы и для случаев движения груза вниз по наклонным направ-

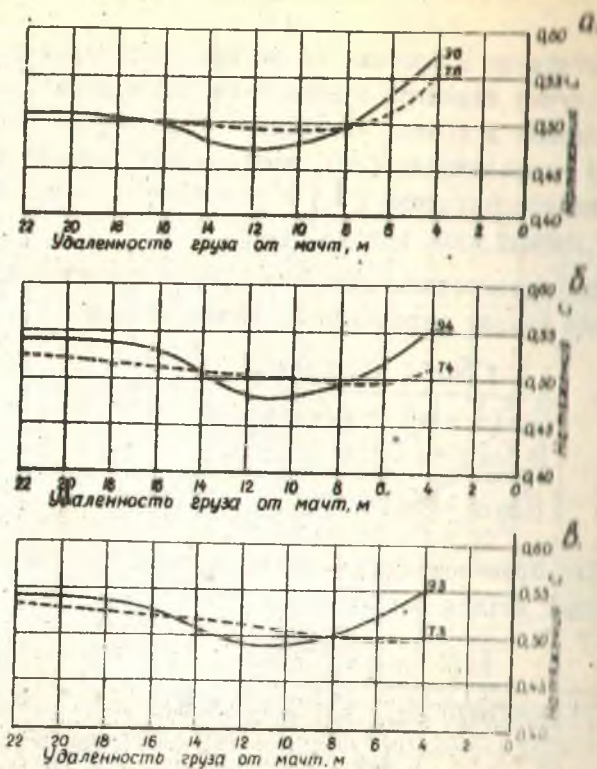


Рис.3 Зависимость приведенных натяжений в тросах ($C=T/C$ — кн/кн) от удаленности груза от мачт для бревнотасканителя с закрытой петлей при экспериментах в масштабе геометрического подобия 1 : 20. Обозначения: ЭЗ, Э4, Э6 — экспериментальные кривые натяжений для высот мачт соответственно 3, 4 и 6 м. ТЗ, Т4, Т6 — расчетные кривые натяжений для тех же высот.

ляющим и по горизонтали с подстановкой значений $\alpha = 0$ и $-\alpha$.

Натяжения в тросах, при перемещении груза тросами бревностаскивателей с закрытой и открытой петлей и бревносталкивателя, изменяются в зависимости от удаления груза от мачт, т.е. кривой с одним четко выраженным минимумом (рис. 26,3). С увеличением угла наклона тросов к горизонту абсцисса местоположения минимума увеличивается. Графически, кривая натяжений в тросах бревностаскивателя с открытой петлей без каких-либо переломов плавно переходит в кривую натяжений в тросах бревноствала (рис. 26), образуя одну непрерывную кривую.

При перемещении груза с коников на высокую эстакаду груз деформируется, его центр тяжести сдвигается к разгрузочной эстакаде, после чего груз отрывается от коников. Натяжения в тросах в момент отрыва груза от коников определяется формулой:

$$T = G \frac{\sqrt{\ell^2 + (k_0 + h_2)^2}}{2(k_0 + h_2)} \quad \text{где}$$

$$\ell = 0,5B + m_2 + i$$

$$h_2 = \frac{K_0(0,5 \cdot B + m_1 - i) - K_0(0,5B + m_2 + i)}{m_2 - m_1 + 2i}$$

i - расстояние от плоскости симметрии подвижного состава до точки на кониках, при перемещении центра тяжести груза до которой не наблюдается опрокидывание подвижного состава.

В результате экспериментов на модели и в натуре подтвержден криволинейный характер изменения натяжений в тросах. Для бревностаскивателей установлено наличие минимума значений натяжений в тросах (рис. 26,3) и методы определения координат минимума по ходу движения груза по эстакаде. Средние значения натяжений в тросах бревностаскивателя с

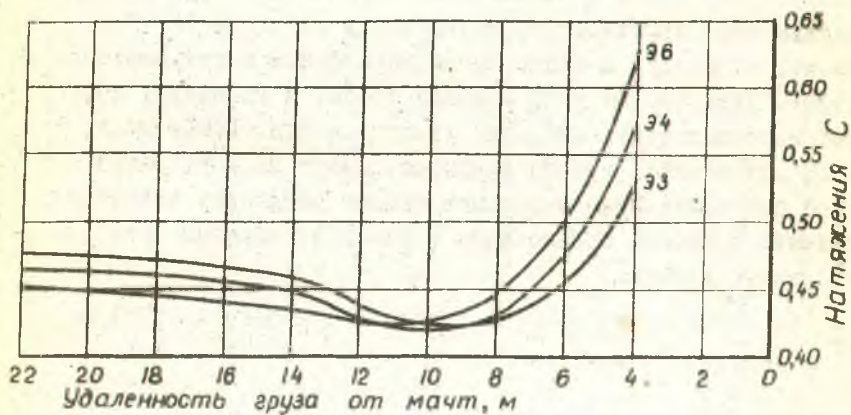


Рис.4 Зависимость приведенных натяжений в тросах ($C=T/G$ кн/кн) от удаленности груза от мачт для скреперного разгрузателя при экспериментах в масштабе геометрического подобия $I : 20$

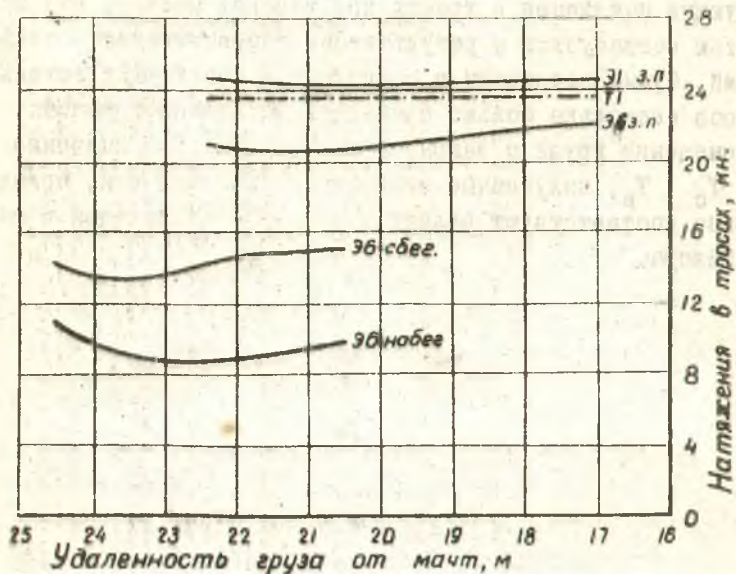


Рис.5 Средние значения натяжений в тросах при экспериментах в натуре для бревностаскивателя с закрытой петлей при высоте мачт 6 м (кривая Э6 з.п.). То же, при высоте мачт 1 м (кривая Э1 з.п.). Средние значения натяжений для сбегających ветвей бревностаскивателя с открытой петлей при высоте мачт 6 м (кривая Э6 сбег.) То же, для набегających ветвей (кривая Э6 набег.). T_1 - кривая натяжений для бревностаскивателя с закрытой петлей, полученная расчетным путем.

закрытой петлей, полученных экспериментальным путем в натуре, отличаются от теоретических до 1,5%. При низких мачтах значения натяжений в тросах, на исследуемом экспериментальном участке перемещения груза, больше чем соответствующие натяжения в тросах при высоких мачтах, что полностью согласуется с результатами теоретических исследований. Сумма натяжений в сбегающих и набегающих ветвях тросов несколько больше суммарных натяжений в тросах при перемещении груза с закрытой петлей (рис.5). Значения $M = T_C : T_H$, полученные экспериментальным путем, приблизительно соответствуют величине $M_T = e^{\mu x}$, входящей в формулу Эйлера.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗГРУЗОЧНЫХ УСТАНОВОК.

При экспериментальных исследованиях устанавливаются значения натяжений в гибких связях, при перемещении груза различными видами грузозахватных устройств, и взаимозависимости натяжений в сбегающих и набегающих ветвях установок с грузозахватным устройством в виде открытой лопарной петли.

Экспериментальные исследования проводились в два этапа. Первоначально — на опытной установке, выполненной в масштабе геометрического подобия меньшем единицы, со всеми типами разгрузочных установок, которые представили интерес при их анализе. Затем — в натуре с установками, проявившими себя перспективными при экспериментах на модели.

Для моделирования, осуществляемого на основе теорий подобия и размерности, применен метод констант подобия. В связи с тем, что целью экспериментов являлось установление характера изменения усилий в гибких связях, для получения по возможности более точных результатов измерений с приборами относительно малой чувствительности, константы объемных весов груза приняты большими единицы ($C_v = 1/\alpha$).

В общем случае, в индикаторе подобия получаемом из уравнений связи, связывающих явления на модели и натуре, и включающем в себя Π констант подобия, $\Pi - 1$ из них могут быть выбраны и выражены через масштаб геометрического подобия произвольно, а одна определится из условия равенства индикатора подобия единице. Эта кажущаяся свобода выбора значений констант подобия ограничена необходимостью их выражения через масштаб подобия в, по возможности, простой форме. Желательно, чтобы численные значения констант подобия не превышали третьей степени и не были равны корню третьей и больших степеней масштаба геометрического подобия. Кроме того, должны быть исключены все те сочетания констант подобия, при которых нарушается равенство констант подобия сил инерции, весов и масс груза. С учетом изложенного, для моделирования разгрузочных механизмов установлены значения констант подобия (табл.4).

Таблица 4.

Взаимосвязь констант подобия с масштабом геометрического подобия.

Название масштаба и константы	Обозначения констант по добия	Значения масштабов			
		$C_I = I$		$C_V = I/\alpha$	
		$E_2 = \alpha E_1$	$E_I = E_2$	$E_I = E_2$	$E_I \neq E_2$
Геометрического подобия	C_l	α	α	α	α
Подобия сил, масс	C_f, C_m	α^3	α^3	α^2	α^2
Подобия объемных весов	C_V	I	I	I/α	I/α
Подобия скоростей, времени	C_v, C_t	$\sqrt{\alpha}$	$\sqrt{\alpha}$	$\sqrt{\alpha}$	$\sqrt{\alpha}$
Подобия модулей упругости, напряжений	C_E, C_σ	α	I	I	$C_\sigma \neq I$

Экспериментальные исследования на модели в масштабе геометрического подобия 1:20 осуществлялись в общем виде, с использованием в качестве модельных элементов груза цилиндрических тел вращения. Скорость движения канатов на моде-

2033 ар.

ли соответствует скорости канатов в натуре 0,100 м/сек. Выбранная конструкция опытной установки, представляющая собой механическую модель, являлась универсальной и позволяла, путем несложной перестановки трособлочной системы, осуществить исследование работы всех основных типов разгрузочных установок: бревновала, бревностаскивателей, бревносталкивателя (скреперного разгрузителя). Модельная установка приспособлена для проведения экспериментов с разным, задаваемым перед опытами, соотношением параметров. Для замера усилий в тросах использован образцовый динамометр сжатия ДС-02 в сочетании с динамометрической приставкой, преобразующей усилия растяжения в усилия, сжимающие пружину динамометра. При показателе точности, равном 5%, величине коэффициента изменчивости, установленной на основе пробных опытов, равной 13%, необходимое число опытов равно 7. Количество вариационных рядов при экспериментальных исследованиях бревновала на модели составило 73 с числом наблюдений (вариант) 511. Количество вариационных рядов при разгрузке стаскиванием (бревностаскивателями и скреперным разгрузителем) составило 205, при числе наблюдений 1435.

Эксперименты в натуре, расширяющие и углубляющие результаты исследований на модели, проводились с бревностаскивателями как при горизонтальных разгрузочных и грузовых тросах, так и с изменяющимся в процессе перемещения груза углом наклона тросов к горизонту.

Исследования проводились методом тензометрирования на экспериментальной разгрузочной установке на полигоне Емельяновского лесхоза СибНИИЛПа в июле 1965 г. Объектом исследований явился комплексный разгрузитель с приводом от лебедки ТЛ-5, оснащенный электродвигателем мощностью 40 квт, с числом оборотов 1000 об/мин. Исследованиям предшествовали пробные опыты, проведенные автором в Верх-Томском ЛПК зимой 1963 и летом 1964 гг. Измерительная аппаратура включала в себя тросовые динамометры и измерительные кольца, изготовленные в ЭИМ СибНИИЛПа и оттарированные на разрывной машине

ИМЧ-30, с проволочными датчиками сопротивления типа ПБ-20-200. При проведении пробных опытов в Верх-Томском ЛПХ применялись стержневые динамометры. Все тензодинамометры размещались между огибными блоками мачт (или опорами разгрузочных тросов) и грузом, что исключило, при тарировке опытной установки, необходимость экспериментального установления фактического КПД огибных блоков. Коэффициент трения скольжения груза по направляющим установлен с использованием той же измерительной аппаратуры, которой производился замер натяжений. В качестве регистрирующей аппаратуры были использованы осциллограф Н-700 и блок питания усилителя с усилителем 8АНЧ-7М. Включение датчиков осуществлено по мостиковой схеме. Груз, с которым проводились исследования, представлял пачку неувязанных хлыстов общим объемом $13,54\text{м}^3$, который определялся тяговыми возможностями барабана лебедки для возврата хлыстов в начальное положение к переднему краю эстакады. Обработка осциллограмм проводилась методом площадей. При обработке результатов экспериментальных наблюдений принят способ непосредственного вычисления.

УСТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗГРУЗОЧНЫХ УСТАНОВОК.

Установление оптимальных параметров разгрузочных установок производилось различными способами. В частности, оптимальные углы наклона к горизонту сбегających с груза ветвей разгрузочных тросов бревностаскивателей, т.е. углы, при которых натяжения минимальны, установлены путем нахождения экстремальных (критических) значений исследуемых параметров.

На основе использования установленных подобным образом параметров разработана, например, новая разгрузочная установка — универсальный разгрузатель, отличающаяся от бревноствалов и бревностаскивателей (комплексных разгрузателей) постоянством и минимальными значениями натяжений в тросах в процессе перемещения груза. Аналогичным образом установлен максимально-допустимый угол наклона граней ши-

пов коников подвижного состава к горизонту, при перемещении груза стаскиванием.

Аналитическим путем доказана целесообразность приближения мачт бревносналов на возможно близкое расстояние к эстакаде, что обеспечивает уменьшение натяжений в тросах, сокращает глубину (протяженность) разгрузочной установки и позволяет более рационально использовать площадь нижнего склада.

Установлено, что оптимальным направлением набегающих на груз ветвей тросов для бревносналов и бревностаскивателей является направление, совпадающее с направлением движения груза.

Конкретизация условий, при которых внешние силы воздействующие на груз, при его разгрузке тросами, уравновешиваются с внутренними, позволила вывести простую и удобную формулу для установления оптимальной высоты переднего края эстакады над уровнем коников (K_0), в зависимости от превышения мачт над уровнем коников (K_0), расстояния от эстакады до точки отрыва груза коников ($m_2 + b_2$), расстояния от мачт до этой точки ($m_1 + b_1$) и угла наклона разгрузочных тросов к горизонту в момент отрыва груза от коников:

$$K_0 = \operatorname{tg} \delta (m_1 + b_1 - m_2 - b_2) + K_0.$$

Из условий обеспечения поперечной устойчивости подвижного состава при разгрузке, установлено, что для бревностаскивателей относительные высоты прогонов эстакады и верха коников груженого подвижного состава должны быть равны.

На основе изучения возможности и удобства работы оператора в конкретных производственных условиях, с учетом требований техники безопасности, установлено, что предельно допустимый угол наклона рабочей части разгрузочно-раскряжевой эстакады к горизонту не должен превышать $0,061$ рад. ($3^{\circ}30'$). Эти же требования приняты во внимание при установлении оптимальной высоты мачт бревностаскивателей,

определяемой из условия обеспечения наименьших натяжений в тросах при перемещении груза. Значения высот мачт, при которых натяжения в тросах имеют наименьшую величину, колеблются в пределах от 2 до 6 м, в зависимости от ширины эстакады.

Ряд параметров установлен путем логических выкладок, критической оценки ранее установленных норм, стандартов, положений, рекомендаций различных научно-исследовательских учреждений и отдельных специалистов и, наконец, использованием, применительно к рассматриваемому вопросу, ранее выведенных математических зависимостей. Этим способом определена, например, наимыгоднейшая ширина разгрузочно-разкряжевочных эстакад, колеблющаяся в пределах от 12 до 21 м, в зависимости от пропускной способности, величины межоперационного запаса древесины на эстакаде, грузоподъемности разгружаемого подвижного состава, геометрических параметров хлыстов, разрабатываемых насаждений и ряда других показателей.

Определение оптимальной высоты мачт тросовых разгрузочных установок, перемещающих груз от грузовых мачт, проводилось с составлением и использованием номограмм, в зависимости от кратности полиспастов и затрат на их приобретение и монтаж, с одной стороны, и затрат на материалы, строительство и монтаж мачт, с другой.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.

1. Широко применявшиеся до последнего времени на нижних складах лесовозных дорог бревновсвалы дороги в изготовлении, сложны в эксплуатации, исключают создание у поточных линий буферного запаса хлыстов или деревьев с кроней и не могут быть рекомендованы к использованию на строящихся и проектируемых нижних складах.

2. Анализ технических, эксплуатационных и экономических показателей различных типов разгрузочных установок с

гибкими связями, осуществляющих разгрузку подвижного состава без отрыва от направляющих, показывает, что на нижних складах могут найти применение установки как с гибким грузозахватным устройством — бревностаскивателя (мачтовые и безмачтовые тросовые установки перемещающие груз "на себя"), так и с жестким грузозахватным устройством — бревносталкивателя. Выбор типа разгрузочных установок для конкретных производственных условий определяется прежде всего грузооборотом поточных линий.

Для расчетного грузооборота 75,0 тыс.м³ рекомендуется использование безмачтовых тросовых установок типа РРУ-10 на разгрузке и создании буферного запаса.

- Для расчетных грузооборотов 150,0 и 300,0 тыс.м³ производству рекомендуются комбинированные установки по двум схемам:
- бревносталкиватель — на разгрузке и мостовой кран на создании буферного запаса хлыстов,
 - безмачтовая тросовая установка (типа РРУ-10) — на разгрузке, в сочетании с мостовым краном или автопогрузчиком с грузоподъемностью, превышающей вес разгружаемого ваза (типа автопогрузчиков СНИИЛП, Катерпиллер, Летурно).

При расчетном грузообороте 150,0 тыс.м³ может найти применение также мачтовый бревностаскиватель на разгрузке и создании буферного запаса.

3. В процессе перемещения груза различными типами разгрузочных установок с коников на эстакаду и по эстакаде, натяжения в тросах изменяются по криволинейной зависимости. Получены общие выражения натяжений через угловые величины $T = \varphi(\delta)$ и линейные $T = \varphi(l, k)$, где $\operatorname{tg} \delta = \frac{k}{l}$ — для движения груза по эстакаде и, впервые, для перемещения груза с коников на эстакаду $T = \varphi(l, k, h_2)$. Установлены значения коэффициента M , связывающего натяжения в набегających и сбегających ветвях разгрузочных тросов.

4. Натяжения в тросах бревностаскивателей с открытой петлей и бревносвалов могут быть представлены одной непре-

рывной кривой натяжений, имеющей один минимум. По существу бревносвалы представляют собой бревностаскиватели, сбегавшие ветви которых наклонены к положительному направлению оси абсцисс под углом, большим $1,57$ рад. С увеличением высоты мачт (увеличением угла наклона тросов бревностаскивателя с открытой и закрытой петлей) абсцисса местоположения минимума натяжений увеличивается. С учетом этого положения разработан новый вид разгрузочной установки—универсальный разгрузатель, в тросах которого обеспечивается минимум натяжений на всем пути перемещения груза.

5. Установлена взаимосвязь скоростей движения груза, перемещаемого тросами бревностаскивателя с открытой петлей и бревносвала.

6. На основе теорий подобия и размерности, при моделировании разгрузочных установок, обоснована необходимость, в зависимости от целей эксперимента, применения различных масштабов подобия объемных весов предмета труда (хлыстов, бревен), как равных единице, так и больших единицы. Установлены значения констант и масштабов подобия сил, масс, скоростей, времени, модулей продольной упругости для моделирования разгрузочных установок. Обоснована возможность применения гибких связей с модулями продольной упругости на модели, отличающимися от модулей упругости в натуре.

7. Оптимальные параметры разгрузочных установок определены различными методами с использованием результатов теоретического и экспериментального исследования.

8. Величина межоперационного запаса хлыстов на разгрузочных эстакадах, в зависимости от сменной производительности поточных линий, колеблется от 30 м^3 (для производительности поточной линии 200 м^3) до 120 м^3 (для производительности линии 800 м^3). Соответственно, глубина разгрузочных эстакад полуавтоматических линий колеблется от 12 до 21 м (с округлением до целых метров).

9. Глубина разгрузочных эстакад, при раскрывке хлыс-

тов электропилами, не должна превышать 22,8 м. Для этой глубины эстакады, высота мачт мачтовых бревностаскивателей, определяемая из условий минимальных значений натяжений, равна 6 м. Для стесненных условий размещения разгрузочно-раскрыжечного узла глубина эстакады должна быть не меньше 16,8 м. При этом оптимальная высота мачт равна 5 м.

10. Грузовые мачты бревностаскивателей, тросы которых используются для растаскивания хлыстов и их подачи к раскрыжечному агрегату, должны быть удалены от последнего на расстояние $l > k \cdot \operatorname{tg} \delta$, где δ - угол наклона тросов, соответствующий минимальным натяжениям.

11. Высота эстакады бревностаскивателей и бревно-сталкивателей должна быть равна высоте коников (± 10 см). В этом случае, отрицательное воздействие на подвижной состав сил от грузозахватного устройства не превышает соответствующего воздействия на подвижной состав внутренних сил груженого подвижного состава при угле статической поперечной устойчивости 0,47 рад.

12. Превышение эстакады над уровнем коников, для тросовых разгрузочных установок, перемещающих груз от грузовых мачт, колеблется в пределах 0,5-1,7 м, в зависимости от высоты мачт, и определяется формулой:

$$k_0 = A \cdot \operatorname{tg} \delta + K_0,$$

где K_0 - высота мачт над уровнем коников, а A - коэффициент, учитывающий размеры коника и разрывы между мачтами, подвижным составом и эстакадой.

13. Оптимальный угол наклона к уровню эстакады набегających на груз ветвей разгрузочных тросов равен нулю. Оптимальный угол наклона к горизонту грузовых и сбегających ветвей разгрузочных тросов равен 0,38 рад (при $f = 0,4$).

14. Оптимальный угол наклона к горизонту разгрузочной эстакады 0,061 рад.

15. Наибольший угол наклона к горизонту шипов коников подвижного состава при разгрузке стаскиванием и стакиванием - $1,19$ рад. (при $f = 0,4$).

16. Для бревностаскивателей и бревностакивателей потребная мощность на разгрузку не превышает 30 квт.

17. Рекомендации по применению разгрузочных установок с жестким грузозахватным устройством использованы при разработке бревностакивателя СибНИИЛП, с решением обеспечения поочередной разгрузки хлыстов на две смежные эстакады без перецепки грузовых и возвратных тросов.

Замена разгрузки стаскиванием тросами, разгрузкой жесткими грузозахватными устройствами, позволяет осуществить разгрузку подвижного состава за один прием, с полным исключением ручного труда на прицепке и отцепке груза, и осуществить дистанционное управление.

18. В результате отказа от использования на разгрузочных работах бревносвалов и их замены тросовыми установками, разгружающими подвижной состав стаскиванием, а также установками с жестким грузозахватным устройством (бревностакивателями) приведенные затраты снижаются на 40% , что позволяет получить от каждой разгрузочной установки годовой экономический эффект в сумме $6300-6600$ руб.

Результаты исследований предназначены для использования в научно-исследовательской и проектной работе как при совершенствовании существующих, так и при обосновании выбора и разработке новых типов не только разгрузочных, но и погрузочных установок.

Основные положения диссертации опубликованы
в следующих работах автора:

1. Организация разгрузочно-раскряжевых работ на нижних складах лесовозных дорог. Изд. АН СССР, Коми филиал, 1957.
2. Приспособления для ухода за верхними блоками подспас-тов бревновалов. Журн. "Народное хозяйство Коми АССР", 1958, № 2.
3. Резервы и источники роста лесозаготовок в 1959-1965 гг. Журн. "Народное хозяйство Коми АССР", 1959, № 6.
4. О типах грузозахватных устройств для лесных грузов. Тезисы докладов на межвузовской конференции по вопросам механизации трудоемких работ в лесной промышленности. М., 1959.
5. К вопросу о параметрах разгрузочных устройств. Труды Коми филиала АН СССР, 1959, № 8.
6. Комплексная механизация и автоматизация лесозаготовок. Коми книжное издательство, 1960.
7. Автоматизация передачи хлыстов на автоматические линии, разгрузки подвижного состава и сортировки бревен. Тезисы докладов на Всесоюзной конференции по автоматизации производственных процессов лесной и деревообрабатывающей промышленности. М., 1960.
8. Механизация и автоматизация транспортно-переместительных работ на нижних складах Коми совнархоза. Сборник "Устройство и эксплуатация автоматических и полуавтоматических линий в лесной и деревообрабатывающей промышленности". М., 1962.
9. Выбор констант и масштабов подобия при моделировании погрузочных и разгрузочных установок с гибкой связью для круглого леса. Труды ВСНИИЛЕСДРЕВ, 1964, вып. 10.
10. Натяжения в тросах погрузочных и разгрузочных установок с гибкой связью (без учета сил инерции). Труды СибНИИЛП, 1965, вып. 13.
11. Скорости и ускорения движения груза при разгрузке древесины трособлочными системами. Труды СибНИИЛП, 1965, вып. 13.
12. К выбору установок для разгрузки и создания буферного запаса хлыстов и деревьев с кроной у полуавтоматических линий. Материалы к юбилейной конференции по итогам научно-исследовательских работ Сибирского технологического института. Красноярск, 1967.

13. В соавторстве с Баублисом К.Л., Баркуновым А.К., Поповым И.П., Разработка рациональной технологии и средств механизации для приречных нижних складов с грузооборотом 30-50 тыс.м³ в условиях предприятий Якутского СХ. Обзор научно-исследовательских работ ВСНИПИЛЕСДРЕВ за 1962 г. Красноярск, 1963.
14. В соавторстве с Муганцевым и др., Разработка, создание и исследование опытных конструкций полуавтоматических линий на нижних складах. Обзор научно-исследовательских работ ВСНИПИЛЕСДРЕВ за 1962г. Красноярск, 1963г.
15. В соавторстве с Димовым А.И., Чиковым А.В., Разработка комплексно-механизированных приречных нижних складов для условий реки Лены. Обзор научно-исследовательских работ ВСНИПИЛЕСДРЕВ за 1963 г. Красноярск, 1964.
16. В соавторстве с Пестрецовым В.А. и др., Исследование, выбор и создание комплектов машин, разработка и проверка технологических процессов для комплексной механизации приречных нижних складов. Госкомитет по делам изобретений и открытий СССР. Удостоверение о регистрации № 46030 с приоритетом от 27 апреля 1964 г.
17. В соавторстве с Герасимовым и др., Разработка комплексно-механизированных приречных складов для условий р.Ангара. Госкомитет по делам изобретений и открытий СССР. Удостоверение о регистрации № 43254 с приоритетом от 18 февраля 1964г.

Материалы диссертации изложены в докладах:

1. Исследование разгрузочно-раскрыжечных устройств нижних складов лесовозных дорог. Доклад на научной конференции молодых специалистов Коми филиала АН СССР, 24-25 апреля 1958г.
2. О типах грузозахватных устройств для лесных грузов. Доклад на межвузовской конференции по вопросам механизации трудоемких работ в Московском лесотехническом институте. 1959г.
3. Автоматизация передачи хлыстов на автоматические линии, разгрузки подвижного состава и сортировки бревен. Доклад на всесоюзной конференции по автоматизации производственных процессов лесной и деревообрабатывающей промышленности.
4. К выбору установок для разгрузки и создания буферного запаса хлыстов и деревьев с кроной у полуавтоматических линий. Доклад на юбилейной конференции по итогам научно-исследовательских работ Сибирского технологического института, 4 апреля 1967г.