

ПОЛЕТАЙКИН В.Ф., ГУСЬКОВ С.Ю.

ЛЕСОПОГРУЗЧИКИ ПЕРЕКДНОГО ТИПА С
ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ЦЕНТРОМ ВРАЩЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Динамика элементов конструкции



Красноярск
2013

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»

В.Ф. Полетайкин, С.Ю. Гуськов

ЛЕСОПОГРУЗЧИКИ ПЕРЕКИДНОГО ТИПА С
ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ЦЕНТРОМ ВРАЩЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Динамика элементов конструкции

Утверждено редакционно-издательским советом СибГТУ в качестве
монографии

Красноярск
2013

УДК 630.377.4

Полетайкин, В.Ф. Лесопогрузчики перекидного типа с изменяющимся центром вращения технологического оборудования. Динамика элементов конструкции. [Текст] : монография / В.Ф. Полетайкин, С.Ю. Гуськов. – Красноярск : СибГТУ, 2013. – 156 с.

В монографии рассмотрена динамика элементов конструкции гусеничных лесопогрузчика с изменяющимся центром вращения технологического оборудования на базе лесопромышленных тракторов при выполнении следующих рабочих режимов: вращение стрелы с грузом относительно поворотного основания, совместное вращение корпуса базовой машины и стрелы с грузом, соударение лесопогрузчика с опорной поверхностью; математические модели, результаты математического моделирования и экспериментальных исследований этих режимов.

Табл. 13, ил. 52, библиогр.: 107 назв.

Рецензенты: В.В. Минин – канд. техн. наук, доцент. (ФГБОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»);
В.Г. Мельников - канд. техн. наук, доцент,
главный конструктор ОАО «СТАНДАРТ»
В.Н.Холопов (ФГБОУ ВПО «Сибирский
государственный технологический университет»)

© Полетайкин В.Ф., Гуськов С.Ю., 2013

© ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»,
2013

Введение

Эффективность лесозаготовительного производства зависит от выбора типа технологического процесса и системы машин, надежности лесозаготовительных машин и эффективности их использования. В современных условиях совершенствование существующих и создание новых систем машин должно быть направлено на повышение их технического уровня и прежде всего на повышение показателей надежности, экономических и эргономических показателей.

Наиболее энергоемкими в лесной промышленности являются переместительные операции, поглощающие значительную часть энергозатрат лесозаготовительного производства, поэтому вопросы создания лесотранспортных машин с оптимальными техническими характеристиками являются актуальными. Решение этого вопроса возможно на базе научно обоснованного подхода к работам по созданию новых лесных машин. Исходя из этого работы по созданию лесопогрузчиков, удовлетворяющих изменившимся экономическим условиям и обеспечивающих повышение эффективности лесотранспортных работ, являются актуальными.

Использование результатов исследований в смежных отраслях промышленности для решения вопросов совершенствования лесопогрузчиков не представляется возможным в силу специфических условий их работы. Так условия эксплуатации лесопогрузчиков отличаются более тяжелыми режимами по сравнению с погрузчиками для дорожно - строительных работ. Информация в зарубежной печати [4] говорит о том, что многие фирмы лесного машиностроения придают большое значение определению динамических нагрузок в элементах конструкции лесопогрузчиков и других лесных машин. В нашей стране исследованию динамики элементов конструкций лесных машин также придается большое значение. Развитие этой отрасли машиноведения осуществляется по следующим направлениям:

- разработка методов исследования динамического состояния элементов конструкций лесных машин;
- оптимизация параметров и режимов работы этих машин;
- исследования динамики машин с учетом влияния свойств внешней среды, предмета труда, конструктивных и эксплуатационных факторов;
- применение методов математического и физического моделирования динамических процессов в лесных машинах и механизмах;
- выявление направлений по снижению динамических нагрузок на элементы конструкции и улучшения условий труда операторов;
- использование методов и технических средств, разработанных в смежных отраслях для обоснования кинематических и динамических параметров лесных машин.

В настоящее время в лесной промышленности России выпускаются лесопогрузчики перекидного типа, разработанные на основе авторского свидетельства 288663 (ЛТ – 188, ЛТ – 240). [14]. В качестве базовых машин этих лесопогрузчиков используются лесопромышленные трактора ТТ – 4М, ТЛТ – 100 – 04(06). Особенность работы этих лесопогрузчиков заключается в том, что при переносе груза из положения набора в положение укладки изменяется центр вращения технологического оборудования и груза, при этом возникает режим совместного вращения груза и машины. Лесопогрузчик при наборе груза наклоняется вперед и опирается на грунт специальными упорами, расположенными в передней части корпуса базовой машины, задние балансирные каретки и корпус машины полностью отрываются от опорной поверхности. Вследствие этого в процессе переноса груза из положения набора в положение его укладки происходит соударение лесопогрузчика с опорной поверхностью погрузочной площадки. При этом возникают значительные динамические нагрузки, передающиеся на элементы конструкции машины.

В предлагаемой монографии рассмотрены режимы работы гусеничных лесопогрузчика с изменяющимся центром вращения технологического оборудования и груза, возникающие при этом динамические нагрузки на

элементы конструкции и влияние на их величину характеристик опорной поверхности и груза и других эксплуатационных и конструктивных факторов. Предложены рекомендации по снижению динамических нагрузок, по обоснованию кинематических и динамических параметров технологического оборудования, разработанные на основе результатов исследования рабочих процессов, влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на уровень динамической нагруженности элементов конструкции лесопогрузчика. В работе использованы методы математического моделирования и экспериментальных исследований.

1 Обзор конструкций и анализ работ по динамике нагрузок на элементы конструкции лесопогрузчиков

1.1 Разработка и совершенствование конструкций лесопогрузчиков перекидного типа с изменяющимся центром вращения технологического оборудования и груза

Отсутствие в системах специальных лесных машин самоходных лесопогрузчиков сдерживало рост производительности труда на лесосечных и лесотранспортных работах и в целом в лесной промышленности страны. Используя зарубежный опыт, в 1957 – 60 годы институтами ГИПРОЛЕСМАШ, ЦНИИМЭ и Красноярским заводом лесного машиностроения (завод Краслесмаш) были разработаны экспериментальные образцы фронтальных гусеничных лесопогрузчиков ПГ-1, П-13, П-10, КМЗ –П1. При этом в качестве прототипа был использован фронтальный лесопогрузчик Дротт-14КЗ США. Лесопогрузчики КМЗ-П1 и П-10 серийно выпускались заводом Краслесмаш. Однако эти машины не нашли широкого применения в нашей стране из-за основного технологического недостатка: при погрузке древесины требовался разворот машины с грузом на угол 90^0 или 180^0 , что приводило к возникновению значительных инерционных нагрузок, разрушающих конструкцию машины и погрузочные площадки.

С целью улучшения показателей назначения и надежности лесопогрузчиков на заводе Краслесмаш были проведены опытно-конструкторские работы, в результате которых был создан фронтальный лесопогрузчик КМЗ-П5, который значительно превосходил по основным параметрам (грузоподъемности, надежности, устойчивости) отечественные и зарубежные аналоги. Его кинематическая схема и конструкция защищены авторским свидетельством № 179225 (авторы Давыденко В.А., Полетайкин В.Ф., Понкрашкин В.И.).

Одновременно заводом Краслесмаш совместно с ЦНИИМЭ, ВЛПО Красноярсклеспром проводились работы по созданию лесопогрузчиков перекидного типа, в результате которых была разработана схема

лесопогрузчика, защищенная авторским свидетельством №173654 (авторы Стефанов О.А., Полетайкин В.Ф., Давыденко В.А., Созинов Н.И.). На основе изобретения по авторскому свидетельству №173654 была разработана первая модель лесопогрузчика перекидного типа КМЗ-ЦНИИМЭ-П2 на базе трактора Т100М Челябинского тракторного завода, а затем - КМЗ-ЦНИИМЭ-П19А на базе лесопромышленного трактора ТДТ-75 Алтайского тракторного завода.

В процессе серийного производства проводились работы по совершенствованию конструкции лесопогрузчиков с целью повышения основных показателей качества (назначения, надежности, технологичности, эргономических показателей). В 1967 – 1968 годы была проведена модернизация лесопогрузчиков КМЗ-ЦНИИМЭ-П2 и КМЗ-ЦНИИМЭ-П19А, в результате которой были созданы их модификации П2А и П19Б. При модернизации была разработана новая конструкция грузовой рамы, защищенная авторскими свидетельствами 359227 (авторы Полетайкин В.Ф., Глазырин В.П., Невский В.П., Заборцев В.Н., Демчук Л.Н.) и 630217 (авторы Полетайкин В.Ф., Глазырин В.П., Невский В.П., Заборцев В.Н.). Внедрение новой грузовой рамы, а так же стрелы и гидросистемы усовершенствованной конструкции позволило увеличить средний ресурс до первого капитального ремонта машины с 3-х до 3,7 тыс. моточасов при одновременном снижении конструкционной массы. С целью повышения устойчивости лесопогрузчиков на базе трелевочных тракторов против опрокидывания были разработаны и внедрены устройства, защищенные авторскими свидетельствами 199695 (автор Полетайкин В.Ф.) и 341705 (авторы Полетайкин В.Ф., Ливкин В.Д., Глазырин В.П., Заборцев В.Н., Невский В.П.), которые позволили повысить надежность ходовой системы лесопогрузчиков при увеличении их грузоподъемности с 30 до 35 кН.

С целью обеспечения нормируемых показателей надежности лесопогрузчиков при эксплуатации в условиях низких температур окружающего воздуха, характерных для большинства регионов Сибири, в 1967 – 1968 годах была разработана конструкция лесопогрузчика П2С, предназначенного для работы

при температуре до -50°C («северное исполнение»). Серийное производство этой машины производилось на заводе Краслесмаш в 1968 – 1976 годы. При разработке лесопогрузчика П2С были реализованы следующие основные технические решения:

1. Грузовая рама по авторским свидетельствам 359227, 630217.
2. Применение низколегированной стали 09Г2С для изготовления наиболее нагруженных сборочных единиц металлоконструкции.
3. Оснащение двигателя базового трактора устройством для предпускового подогрева.
4. Оснащение кабины обогревателем и утепление ее стенок.
5. Применение специальных сортов рабочей жидкости для заправки гидросистемы рабочего оборудования лесопогрузчика.

Реализация этих решений обеспечило успешную эксплуатацию машин в интервале температур от $+40^{\circ}\text{C}$ до -50°C , улучшить условия работы операторов.

После перехода Челябинского тракторного завода на выпуск тракторов Т-130 и Т170 заводом Краслесмаш на их базе был разработан лесопогрузчик ПЛ-3, который выпускался серийно с 1973 года по 1980 год. Конструкция рабочего оборудования и базового трактора обеспечивали повышение показателей надежности при эксплуатации в условиях низких температур, а также эргономических показателей (улучшение обзорности и освещенности, облегчено управление, доведение уровней концентрации вредных примесей в воздушной среде кабины, параметров шума и вибрации до нормативных значений). Это обеспечило повышение сменной производительности машины до 290 м^3 .

Лесопогрузчики, разработанные на основе изобретения по авторскому свидетельству №173654 (П2, П2А, П2С, П19А, П19Б, ПЛ2, ПЛ3) серийно выпускались заводом Краслесмаш с 1963года по 1984год. На базе указанных лесопогрузчиков была разработана новая технология лесозаготовок с отделением трелевки леса от погрузки, удостоенная Государственной премии

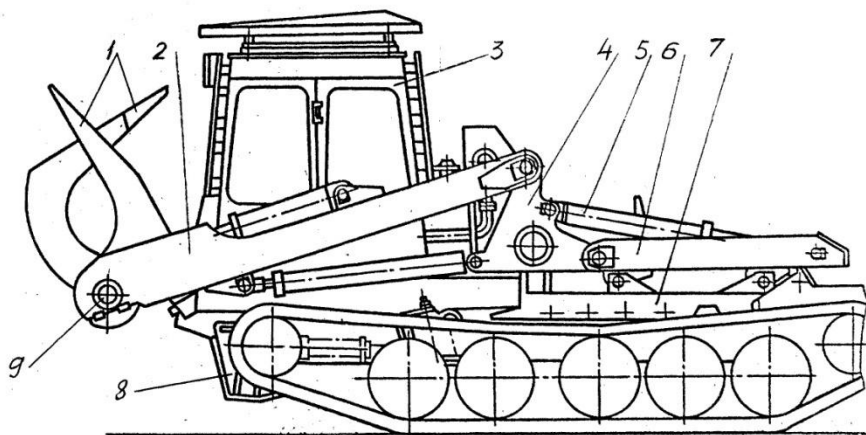
СССР в области науки и техники за 1975 год. Однако после 1972 года, когда лесная промышленность стала оснащаться большегрузными лесовозными автопоездами КРАЗ–255Л по параметрам скорости движения технологического оборудования, вылету груза в положении укладки, высоте подъема груза и другим параметрам эти лесопогрузчики не удовлетворяли требованиям условий эксплуатации, а возможности совершенствования их кинематики и конструкции были исчерпаны. В связи с этим на заводе Краслесмаш была разработана новая кинематическая схема технологического оборудования и на ее основе конструкция лесопогрузчика ЛТ-65Б с изменяющимся центром вращения груза, защищенная авторским свидетельством № 288663 (авторы Полетайкин В.Ф. и Глазырин В.П.), что обеспечило:

1. Без увеличения установленной мощности гидропривода повышение грузоподъемности лесопогрузчика ЛТ-65Б по сравнению с лесопогрузчиком ПЛ-2 на 10%, увеличение скорости движения стрелы с грузом на 15...18%.
2. Без изменения длины стрелы (3450 мм.) увеличение вылета груза в положении его укладки на 0,6...0,7 м и высоты подъема груза при переносе через стойки коников лесовозного автопоезда на 0,2 м.
3. Повышение надежности гидропривода за счет рациональной компоновки гидросистемы.
4. Повышение производительности лесопогрузчика ЛТ-65Б при погрузке хлыстов на большегрузные автопоезда на 15% по сравнению с лесопогрузчиками ПЛ-2 по авторскому свидетельству 173654.

Серийное производство лесопогрузчиков ЛТ-65Б году было освоено на заводе Краслесмаш в 1984 году. В дальнейшем на основе изобретения по авторскому свидетельству 288663 были разработаны лесопогрузчики ЛТ-188 на базе трактора ТТ-4М и ЛТ-240 на базе трактора ТЛТ-100, которые в настоящее время выпускаются на заводе Краслесмаш. Таким образом, после двадцатилетнего периода выпуска лесопогрузчиков по авторскому свидетельству 173654, изобретение 288663 определило направление работ по созданию и производству новых лесопогрузчиков перекидного типа с

изменяющимся центром вращения технологического оборудования на последующий период в 40...50 лет не менее, что свидетельствует о его важном народнохозяйственном значении.

На рисунке 1.1 показана конструктивная схема лесопогрузчика перекидного типа ЛТ188 с изменяющимся центром вращения технологического оборудования и груза, разработанного на основе авторского свидетельства 288663. Преимущество данной кинематической схемы заключается в том, что подъем груза из положения набора в транспортное положение осуществляется при вращении стрелы относительно оси O_1 (по дуге с меньшим радиусом, рисунок 1.4, б), а опускание в положение укладки при вращении поворотного основания со стрелой и грузом относительно оси O_2 (по дуге с большим радиусом). Это обеспечивает увеличение высоты подъема и вылета груза при его укладке на транспортное средство, а так же снижение усилий на штоках гидроцилиндров поворота стрелы при подъеме груза из положения набора в транспортное.



1.1 – Схема лесопогрузчика перекидного типа с изменяющимся центром вращения технологического оборудования и груза ЛТ – 188

1 – захват; 2 – стрела; 3 – трактор ТТ4М-01; 4 – поворотное основание; 5 – гидросистема; 6 – рама; 7 – доработка трактора; 8 – упоры; 9 – механизм поворота челюсти захвата

Недостаток конструкции лесопогрузчика заключался в том, что при подъеме груза из положения набора в транспортное положение максимальный момент силы тяжести груза относительно оси вращения поворотного основания уравнивался только усилиями гидроцилиндров поворота основания, что приводило к перегрузкам конструкции гидроцилиндров и элементов их крепления, к снижению надежности гидропривода. Для устранения этого недостатка в конструкцию лесопогрузчика были введены специальные опоры 8 (Рисунок 1.2. Патент на изобретение 2398731, автор Полетайкин В.Ф.)

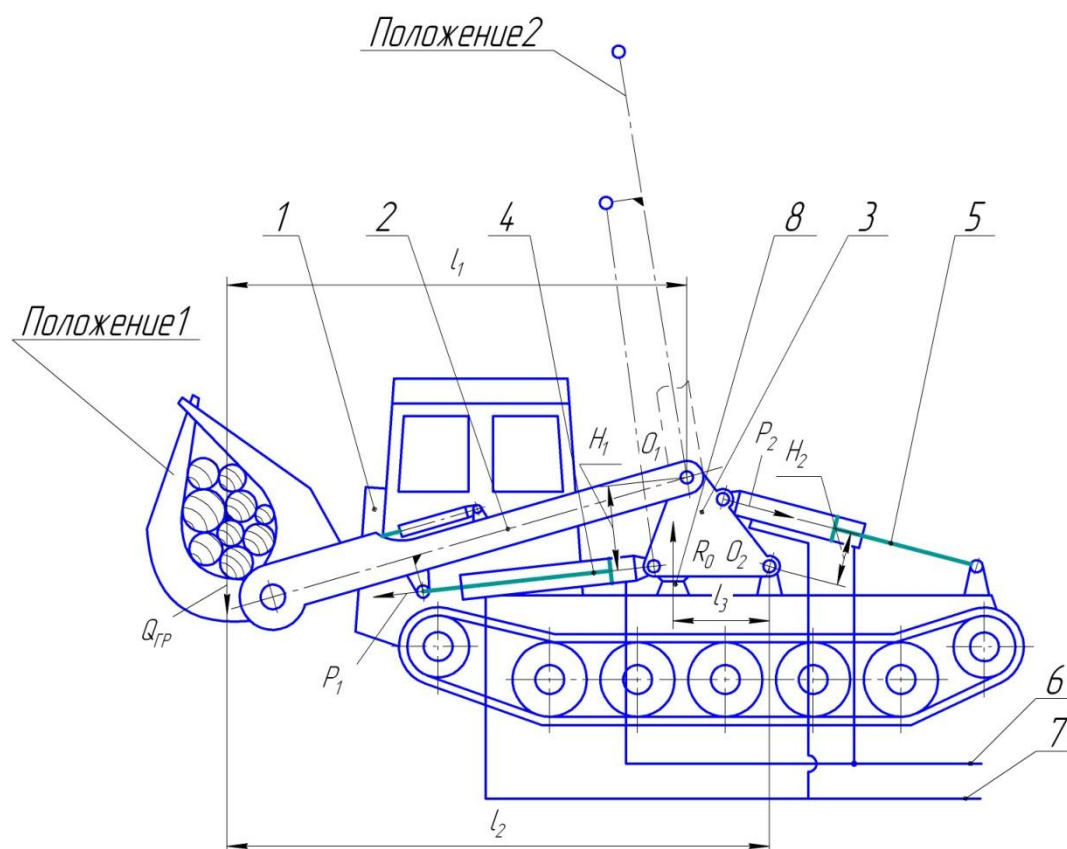


Рисунок 1.2 – Лесопогрузчик перекидного типа с изменяющимся центром вращения технологического оборудования и груза: 1 – базовый трактор, 2 – стрела, 3 – поворотное основание, 4,5 – гидроцилиндры привода стрелы и поворотного основания, 6,7 – гидролинии, 8 – опоры

При повороте стрелы 2 с грузом относительно поворотного основания 3 из положения набора (Положение 1) в транспортное положение (Положение 2).

поворотное основание 3 опирается на неподвижные опоры 8, закрепленные на корпусе базовой машины 1. Момент силы тяжести груза относительно оси вращения поворотного основания O_2 уравнивается при этом моментом реакций опор 8 R_0 относительно оси O_2 . В таком положении лесопогрузчик с грузом перемещается к месту разгрузки. При этом после окончания работы гидроцилиндров 4 автоматически включаются гидроцилиндры 5, осуществляющие поворот основания 3 со стрелой 2 относительно корпуса базовой машины до положения разгрузки. После укладки груза рабочая жидкость подается по магистрали 7 в поршневые полости гидроцилиндров 5 и штоковые полости гидроцилиндров 4. Гидроцилиндры 5 осуществляют вращение поворотного основания со стрелой относительно корпуса базовой машины до соприкосновения с опорами 8. Далее автоматически включаются гидроцилиндры 4, осуществляющие поворот рамы с рабочим органом в положение набора груза.

Работы по совершенствованию кинематики и конструкции рабочего оборудования лесопогрузчиков проводятся постоянно. На рисунке 1.3 показана кинематическая схема лесопогрузчика перекидного типа, разработанная в СибГТУ (патент на полезную модель 93210, автор Полетайкин В.Ф.). Лесопогрузчик работает следующим образом. Тяговым усилием базовой машины нижняя челюсть захвата внедряется в штабель древесины, с помощью гидроцилиндров нижняя челюсть поворачивается, отделяет пачку лесоматериала и прижимает ее к неподвижным стойкам. При включении гидроцилиндров 6 их штоки, шарнирно соединенные с рычагами 5, втягиваются и стрела, совершая поворот относительно оси O_1 , устанавливается в транспортное положение II. Между стрелой O_1O_4 и поворотным основанием O_1O_2 образуется угол β'' с вершиной в точке O_1 (угол $O_4O_1O_2$). При включении гидроцилиндров 7 их штоки, шарнирно соединенные с поворотным



основанием в точке O_7 выталкиваются и осуществляется поворот основания и звеньев четырехзвенного механизма $O_1O_2O_3O_5$ с закрепленной на нем в точке O_1 стрелой в положение укладки груза III. При движении стрелы и четырехзвенного рычажного механизма из положения II в положение III гидроцилиндры привода стрелы 6, вращаясь относительно оси O_3 , выполняют функцию одного из звеньев четырехзвенного рычажного механизма $O_1O_2O_3O_5$. При этом штоки их остаются втянутыми. Поворотное основание O_1O_2 вращается относительно оси O_2 . Если расстояние $O_2O_3 = l_2 > 0$ число звеньев рычажного механизма $n=4$. При любом положении штоков гидроцилиндров привода стрелы (втянутом или выдвинутом) их длина должна быть меньше суммы длин рычагов 5 и поворотного основания 2 ($r + l_1 > S_{\text{ш}}$). При этих условиях траектория движения точки O_4 не является дугой окружности, а представляет собой кривую, параметры которой определяются размерами звеньев рычажного механизма $O_1O_2O_3O_5$.

Требуемая траектория движения груза может быть заранее задана для конкретного исполнения лесопогрузчика. При расположении точки O_2 (ось вращения поворотного основания) ниже точки O_3 (ось вращения гидроцилиндра поворота стрелы) в процессе поворота рычажного механизма точки O_1 и O_5 (концы поворотного основания и гидроцилиндра поворота стрелы) движутся каждая по дуге окружности. При вращении механизма траектории этих точек сближаются. При этом точка O_5 совершает поворот относительно точки O_1 (ось вращения стрелы), вследствие чего увеличивается угол β^{III} и расстояние $O_3O_4 = R_3$. Так как $R_3 > R_2$, следовательно, происходит увеличение вылета груза, пропорциональное увеличению угла β^{III} при постоянных размерах стрелы и звеньев рычажного механизма. При известных размерах звеньев рычажного механизма, стрелы и угла β_1 значения R_i в любой точке траектории движения груза может быть определено по теореме косинусов. Приращение вылета $\Delta L_i = R_i - R_2$. Максимальное увеличение вылета $\Delta L_{\text{MAX}} = R_3 - R_2$.

1.2 Обзор и анализ работ по динамике нагрузок на элементы конструкции лесопогрузчиков

В период реформирования экономики страны произошли значительные изменения в лесной промышленности. В результате проводимых реформ произошло снижение объемов заготавливаемой древесины. Годовой объем заготовок существенно снизился [1]. В связи с этим в последнее десятилетие наблюдается повышенный интерес российских лесозаготовителей и разработчиков новой техники к сортиментной технологии лесозаготовок, широко распространенной в скандинавских странах. Это объясняется тем, что данная технология обеспечивает механизацию лесозаготовительных работ, снижение себестоимости древесного сырья за счет использования универсальных и многооперационных лесных машин, способных заменить