

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Институт (факультет) Институт лесопромышленного бизнеса и дробного строительства

Кафедра Технологии и оборудования лесопромышленного производства

Направление 35.0402 «Технология лес и др. производств»

Специальность \_\_\_\_\_


Специализация \_\_\_\_\_

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

вид работы магистерская диссертация  
(дипл. проект, дипл. работа, магистр. диссертация)

на тему Исследование конструктивных параметров харвестера, влияющих на производительность его работы

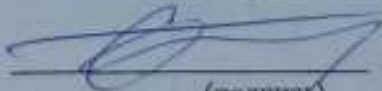
Выпускник Соснин Сергей Сергеевич  
(фамилия, имя, отчество)

  
(подпись)

Руководитель Иванов В.В.  
(фамилия, инициалы)

  
(подпись)

Зав. кафедрой Алипов С.Ф.  
(фамилия, инициалы)

  
(подпись)

Екатеринбург

20 18

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Институт (факультет) Институт лесного хозяйства и дрессировки животных  
 Направление 35.04.02 Лесоводство и др. производств  
 Специальность \_\_\_\_\_  
 Специализация \_\_\_\_\_  
 Фамилия Сомкин  
 Имя Сергей  
 Отчество Сергеевич

ТЕМА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Исследования конструктивных параметров каркасов, влияющих на производительность его работы

Утверждена приказом ректора № 879 СТ от 15 мая 2018 г.  
 Кафедра ТЭЛП Зав. кафедрой Ушаков С.В.  
 Руководитель Ушаков В.В.  
 Консультант(ы) \_\_\_\_\_  
 Рецензент \_\_\_\_\_

Работа начата 1 апрель 2016 года  
 Решением кафедры от «15» 06 2018 г. протокол № 12 выпускник допущен к защите выпускной квалификационной работы.

Директор \_\_\_\_\_  
 Зав. кафедрой Ушаков С.В.  
 \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.



РЕШЕНИЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ КОМИССИИ

Признать, что выпускник Сомкин Сергей Сергеевич выполнил(а) и защитил(а) выпускную квалификационную работу с оценкой отлично

Председатель ГЭК \_\_\_\_\_  
 Секретарь ГЭК \_\_\_\_\_

Мезовицкий В.В.  
Тарасова Е.А.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Институт (факультет) Институт инженерной химии и физической химии  
Кафедра Химии и физической инженерной химии  
Направление 35.04.01 Химическая и физическая инженерия  
Специальность \_\_\_\_\_  
Специализация \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой Михайлов С.В. (Ф.И.О.)  
(подпись)  
«15» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ**

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ ВЫПУСКНИКА

Семкин Сергей Сергеевич

(фамилия, имя, отчество)

- 1. Вид работы магистерская диссертация  
(дипл. проект, дипл. работа, магистр. диссертация)
- 2. Тема работы Исследование каталитических параметров процесса взаимодействия на примере системы сo реакцией

утверждена приказом ректора № 179/с1 от «15» мая 2018 г.

- 3. Срок сдачи выпускником законченной работы \_\_\_\_\_
- 4. Исходные данные Вяз - 28 тыс м<sup>3</sup>, температура 80°C, h - 25 м, dp - 26 кПа  
Каталитры: Tolu Diol 470g, Tolu Diol 470g, Kamatsu 90g, Kamatsu 95g,  
Kamatsu 95g, Pourse Kour, Pourse Kour, Pourse Kour, Pourse Kour.

- 5. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)  
Введение  
Содержание работы. Цель и задачи работы  
Положительный эффект исследования работы с катализатором и каталитический процесс  
Исследование каталитических параметров  
Заключение

- 6. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

## Содержание

Введение.....	7
<b>Глава 1. Состояние вопроса и задачи исследования.....</b>	<b>11</b>
1.1 Лесозаготовительные многооперационные машины лесопромышленного комплекса.....	11
1.2 Классификация многооперационных лесозаготовительных машин. Колесные харвестерные машины.....	14
1.3 Технологии лесосечных работ с применением многооперационных машин.....	18
1.4 Учет подроста и молодняка на вырубках. Повреждение напочвенного покрова.....	25
1.5 Аналитический обзор по проблеме повышения производительности многооперационных лесозаготовительных машин.....	27
Цель и задачи исследования.....	31
<b>Глава 2. Математическое моделирование технологического процесса лесосечных работ с применением харвестера.....</b>	<b>32</b>
2.1 Технологический процесс лесосечных работ.....	32
2.2 Технические характеристики сравниваемых лесосечных машин.....	33
2.3 Моделирование эффективного вылета манипулятора харвестера в программной среде Statistica.....	39
2.4 Расчет основных показателей работы технологического процесса лесосечных работ с применением харвестера .....	41
2.4.1 Подготовительные работы.....	42
2.4.2 Подготовка погрузочных площадок.....	42
2.4.3 Трудозатраты на проведение подготовительных работ...	43
2.4.4 Определение среднего расстояния трелевки.....	44
2.4.5 Определение суточного и сменного объема работ.....	44
2.4.6 Суточное задание бригаде.....	45

2.4.7 Проверочный расчет производительности системы машин.....	45
2.4.8 Определение числа бригад.....	49
2.4.9 Расчет числа рабочих в бригаде.....	49
2.4.10 Расчет числа рабочих, необходимых для лесосечных работ.....	49
2.4.11 Потребное число машин и оборудования на предприятии.....	50
2.4.12 Трудозатраты на вспомогательные работы.....	50
2.4.13 Расчет площади делянки с поврежденным напочвенным покровом.....	51
Выводы.....	53
<b>Глава 3. Исследования работы харвестера.....</b>	<b>55</b>
3.1 Характеристика объекта исследования.....	55
3.1.1 Месторасположение УУОЛ УГЛТУ (п. Северка) и его назначение.....	55
3.1.2. Естественно-географические условия.....	56
3.1.3. Лесные участки.....	57
3.2. Расчет производительности харвестера с учетом «проблемных» деревьев.....	59
3.2.1. Описание экспериментального участка.....	59
3.2.2. Массы и объемы стволов в коре дерева.....	59
3.2.3. Классификация деревьев на участке и их влияние на производительности харвестера .....	61
3.3 Определение рационального вылета манипулятора харвестера с учетом коэффициента устойчивости .....	64

3.4 Исследование влияния скорости движения манипулятора на производительность харвестера .....	47
Выводы.....	48
Выводы и рекомендации.....	69
Библиографический список.....	70

## Введение

Каждый год лесопромышленный комплекс Российской Федерации предъявляет лесозаготовительному производству требования обеспечения бережного отношения к лесу, не только как источнику возобновляемых сырьевых ресурсов. В результате этого возникает потребность проведения более строгого выбора технологических процессов лесопользования всего доступного лесного сырья.

Процесс лесозаготовки зависит от природно-производственных условий, лесозаготовительной техники, её стоимости, видов и способов рубок, объема заготовки и другого. Растущее многообразие машин и механизмов, применяемых для реализации систем рубок, позволяет провести выборку необходимого, подходящего оборудования.

Сортиментная заготовка древесины является приоритетной, поэтому перед лесозаготовителями постоянно встает проблема подбора систем машин «Харвестер-Форвардер», оптимального подбора состава лесозаготовительных бригад, позволяющих обеспечить бесперебойную работу техники в конкретных природно-производственных условиях, которые смогут обеспечивать наименьшие затраты. Такая система машин является гибкой и позволяет получать высокую производительность.

Лесозаготовительные машины для сортиментной заготовки древесины представлены огромным выбором на рынке. Однако, при оценке эффективности работы харвестерных машин в условиях лесозаготовок наиболее значимым параметром является производительность, которая в свою очередь зависит от ряда технических характеристик, природно-производственных факторов и особенностей технологии.

Существенное влияние оказывает объем транспортно-переместительных операций харвестера и его технологического оборудования. При этом значительное влияние на технологию работы

лесозаготовительной машины, технические и массово-габаритные параметры машины оказывает вылет устанавливаемого манипулятора.

В связи с этим задача повышения производительности манипуляторных лесозаготовительных машин в зависимости от их конструктивных особенностей является достаточно актуальной.

### **Степень разработанности темы исследования**

Теоретической базой исследования явились труды российских и зарубежных ученых по изучению технологических нововведений в промышленность. Исследования были сосредоточены на последних технических новшествах связанных с производительностью лесозаготовительных манипуляторных машин. Был отмечен потенциал для увеличения производительности за счет развития существующих методов работы. Для нахождения эффективной модели работы лесозаготовительной машины «Харвестера» были рассмотрены труды: Дербина В.М., Дербина М.В., Маслова О.Г., Селиверстова А.А., Демчука А.В., Арико С.Е., Герасимова Ю.Ю., Вятайнен К.

Рассмотрение технологий и машин лесосечных работ показаны в исследованиях ученых Уральского Государственного Лесотехнического Университета, И.В. Григорьева ФГБОУ ВО Якутской Государственной Сельскохозяйственной Академии, Редькин А.К. Мытищинского филиала Московского Государственного Технического Университета им. Н. Э. Баумана.

### **Цель исследования**

Целью работы является исследование конструктивных параметров харвестера, влияющих на эффективность его работы.



## **Объект исследования**

Технология лесосечных работ с применением харвестеров зарубежного производства.

## **Научная новизна**

Полученная статистическая модель и результаты определения рационального вылета манипулятора.

Оценка производительности харвестера с учетом таксационных характеристик и пороков деревьев на экспериментальных лесных участках.

Исследование влияния скорости движения манипулятора на производительность харвестера.

## **Научные положения выносимые на защиту**

1. Результаты определения рационального вылета манипулятора харвестера.
2. Результаты исследования производительности харвестера с учетом таксационных характеристик и пороков деревьев на экспериментальных лесных участках.
3. Результаты исследования влияния скорости движения манипулятора на производительность харвестера.

## **Практическая и теоретическая значимость**

Полученные в работе результаты исследований развивают теорию технологических процессов лесосечных работ, позволяют выбирать рациональные параметры технологического оборудования многооперационных машин для сортиментной заготовки леса с обеспечением соблюдения лесоводственных требований и повышения эффективности разработки лесосек.

## **Апробация работы**

Результаты работы обсуждались на Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научное творчество

молодежи – лесному комплексу России» (УГЛТУ, г. Екатеринбург) в 2017-2018 гг.

#### Публикации

По результатам выполненных исследований опубликовано 2 печатные работы.

#### Объем и структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка использованной литературы. Она включает 72 стр. основного текста, 13 иллюстраций, 16 таблиц, 22 наименований использованных источников, в т.ч. 2 зарубежных.

### 1.1 Лесозаготовительные многооперационные машины

Комплексы машин лесозаготовки используются в качестве специального оборудования для обеспечения операций технологического процесса заготовки сортиментов и управляются операторами. Машинные комплексы подразделяют на группы в зависимости от назначения, конструкций технологического оборудования[1]:

- Харвестер(англ. harvester, от harvest «собирать урожай»)- это самоходная одномодульная универсальная лесозаготовительная машина, выполняющая операции валку дерева, обрезку сучьев, раскряжевку и обмер полученного сортимента[1].

- Процессор - это сучкорезно-раскряжевочная машина с возможностью сортировки сортиментов по длинам непосредственно на волоке при сплошных и несплошных рубках[1].

- Форвардер (англ. forvarder)- это двухмодульное транспортное средство, состоящее из погрузочного манипулятора и грузовой тележки, выполняющее трелевку лесоматериала на погрузочный или промежуточный пункт лесосеки[1].

-Харвардер(форвестер) – это универсальная лесозаготовительная машина, конструкция которой включает в себя комбинированный валочно-сучкорезный-раскряжевочно-погрузочный и грузовой(в виде транспортной платформы) модули, т.е. объединяет в себе функции харвестера и форвардера[1].

Нынешние условия функционирования лесопромышленных предприятий заставляют их руководителей обращать внимание на сортиментную технологию заготовки древесины, которая позволяет значительно повысить эффективность производства при сохранении и воспроизводстве природной среды (подроста)[2].

Отечественный парк лесосечных машин лесного комплекса в значительной мере постоянно обновляется за счет поступлений зарубежной техники. В большинстве своем она является продуктом высококлассного машиностроения, так как непрерывное техническое развитие привело харвестеры и форвардеры к популяризации из-за удобного управления многофункциональной машиной. К примеру большинство современных лесозаготовительных машин имеют в управлении лесозаготовительной машиной персональный встроенный компьютер. [3] По своим функциональным качествам, проходимости, безопасности и экологичности, данные машины обладают повышенной приспособляемостью к выполнению лесозаготовительных работ. Практически все они имеют высокую производительность, надежность, низкие эксплуатационные расходы, хороший дизайн, комфортность и эргономичность рабочего места оператора. Важнейшей особенностью развития зарубежной техники является ее постоянное совершенствование на конкурентной основе. Каждая модель импортируемых машин легко адаптируется к российским условиям. Отличительной чертой зарубежной техники является ее высокая стоимость по сравнению с отечественной[4].

В настоящее время существующая и применяемая сортиментная заготовка леса производится в основном колесными харвестерными и форвардерными машинами (колесно-харвестерные машины и колесно-форвардерные), а хлыстовая – колесными и гусеничными харвестерными машинами (гусенично-харвестерные машины) и трелевочными колесными машинами (колесно-трелевочные машины). Компоновочные схемы основных их типов представлены на рис. 1.1 [4].

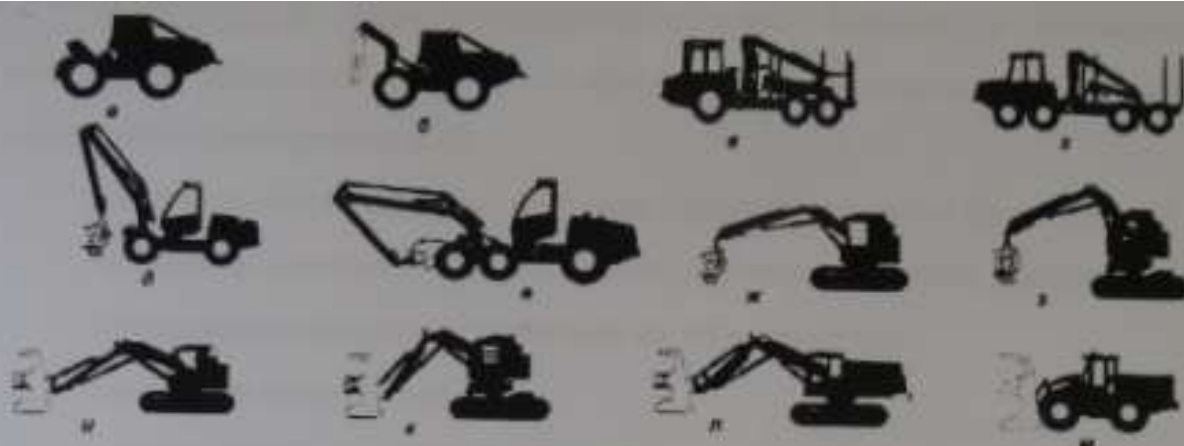


Рис. 1.1. Компоновочные схемы лесозаготовительных машин:

а и б - трелевочные машины (скиддеры) (4x4), тросо-чokerной оснасткой (а) и грейферным захватом (б); в и г - погрузочно-транспортные машины (форвардеры) 6x6 (в) и 8x8 (г); д и е - колесные валочно-харвестерные машины 4x4 (д) и 6x6 (е); ж и з - гусеничные валочно-раскряжевочные машины (харвестеры) с неизменяющимся (ж) и с изменяющимся (з) горизонтальным уровнем платформы и нулевым выступом хвостовой части; и, к и л - гусеничные валочно-пакетирующие машины с неизменяющимся (и, к) и с изменяющимся (л) горизонтальным уровнем платформы и нулевым выступом хвостовой части (и, л); м - узкозахватная валочно-пакетирующая машина фронтального типа с колесной схемой 4x4[4].

Свыше 30 фирм Западной Европы и Северной Америки занимаются производством лесозаготовительных машин. Из них по количеству номенклатур выпускаемых машин выделяются компании JohnDeere, Komatsu(Valmet), Ponsse, TimberPro, Logset, Rottne, Tigercat и Амкодор. Лидирующее положение занимает JohnDeere (бывшая Timberjack)[4].

Машины отличаются не только параметрами, но во многих случаях и компоновочными решениями. В общем внешняя компоновка машин имеет кубическое построение с доминирующим возвышением кабины оператора. Машинам каждой фирмы присущ свой характерный вид и свой фирменный цвет. Наружные формы выполнены с помощью дизайнерских идей, так и с прочностных факторов. Сегменты моторного капота и кабины у большинства моделей выполнены с использованием овальных поверхностей[4].

Иностраный парк лесозаготовительной техники в большинстве состоит из колесных машин. По сравнению с гусеничными, они имеют следующие преимущества[4]:

- дешевле в производстве и низкие эксплуатационные расходы;
- широкий диапазон рабочих и транспортных скоростей движения;
- малоповреждаемое воздействие на лесную среду;
- меньшая металлоемкость;
- самостоятельное перемещение по дорогам общего назначения.

## 1.2 Классификация многооперационных лесозаготовительных машин.

### Колесные харвестерные машины

Данная техника является внедорожными, полноприводными машинами с колесными схемами 4x4, 6x6 и 8x8. В общем облике они представляют собой двухмодульную компоновку с шарнирно-сочлененной рамой. Исключение составляет узкозахватная валочно-пакетирующая техника фронтального типа, которая имеет монорамную конструкцию[4].

Сортиментная заготовка леса в наши дни проводится с широким применением колесных харвестерных машин. Все модели таких машин имеют двухмодульную компоновку. Энергетический и технологический модули шарнирно скреплены между собой. На энергетическом модуле установлена моторная установка машины, а на технологическом - гидроманипулятор с подвешенной харвестерной головкой. На технологический модуль приходится 51,0...65,0 % всей массы колесно-харвестерной машины. Это положительно влияет на устойчивость машин, следовательно, на повышение производительности[4].

Сейчас выпускается более 60 моделей колесно-харвестерных машин. Ведущие компании одновременно выпускают в основном по три или четыре модели одной машины с различными техническими характеристиками[4].

В соответствии со своими параметрами харвестерные машины предназначены для выполнения различных рубок ухода, спелых и

перестойных насаждений. Они подразделены на три группы (табл.1.1). Четкой границы разделения машин по группам назначения провести невозможно, но авторами, [В.А. Азаренком, Э.Ф. Герцем, С.В.Залесовым, А.В. Мехренцевым «Сортиментная заготовка древесины: учебное пособие»] предложено классифицировать колесно-харвестерные машины следующим образом(табл.1)[2]:

Таблица 1.1

Классификация харвестеров по назначению

№ группы	Назначение	Модели харвестерных машин
1	Выполнение прореживания, проходных рубок и сплошных рубок древостоев диаметром деревьев до 30 см	John Deere (1070e, 1107e),Komatsu (901,901TX.1),Ponsse (Beaver, Ergo, Scorpion, Fox)
2	Выполнение проходных рубок и сплошных рубок древостоев с диаметром деревьев до 50 см	John Deere (1270g,1270g),Komatsu (911,911.5,931,931.1), Ponsse (Beaver, ScorpionKing)
3	Выполнение сплошных рубок	John Deere (1470g), Komatsu (951), Ponsse(Beaver, Ergo8w)

В 1-ю группу входят наиболее компактные лесозаготовительные машины с массой не более 22 т и мощностью двигателя 90-205 кВт. В зависимости от размеров применяемых шин их ширина изменяется от 2,3 до 3,0 м. На данных машинах установлены гидроманипуляторы с грузовым моментом 43-252 кНм и радиусом действия до 11м[2].

Во 2-ю группу входят харвестеры, имеющие среднюю массу 15,7-24,8 т и ширину машины 2,6-3,1 м. Двигатель у таких машин имеет мощность 132-240 кВт. Грузовой момент гидроманипуляторов 96-310 кНм и радиус их действия до 11 м[2].

В 3-ю группу входят самые крупные харвестеры с массой 21,7-24,8 т, шириной 2,7-3,2 м, мощностью 190-240 кВт. Их гидроманипуляторы имеют грузовой момент 225-310 кНм и радиус действия до 11м[2].

Харвестеры оснащены харвестерными головками с возможностью валки деревьев диаметром: для первой группы машин до 64см, 2-й и 3-ей до 80 см.[2]

Колесная формула ходовой части рассматриваемых харвестеров выполнена в трех вариантах: 4x4(4WD), 6x6(6WD) и 8x8(8WD)[2].

В работе [«Технология и машины лесосечных работ» д.т.н. В.И. Патыкина] предложено классифицировать колесные харвестеры следующим образом (табл.1.2)[4]:

Таблица 1.2

Классификация колесных харвестерных машин

Класс машины	Значение			Производитель и модель машины
	масса, кг	мощность, кВт	макс. диаметр спиливаемого дерева, см	
1 - Легкий – для прореживания	до 13000	до 130	до 450	John Deer 770D, Tigercat H-09, Prosilva 810,910, Valtra F-Line
2 – Средний – для выборочной и сплошной рубки	13000... 16000	110... 150	до 600	Ponsse Beaver, John Deer 1070D, Valmet 901.3, 911.1, Logset 6H
3 – Тяжелый – для сплошной рубки	свыше 16000	свыше 150	до 800	John Deer 1270G, John Deer 1470G, Komatsu 901, Komatsu 931, Komatsu 951, Ponsse Bear, Ponsse Beaver, Ponsse Ergo/Ergo 8w

Классификация колесно-харвестерных машин по массе, мощности двигателя и диаметру спиливаемого дерева приведена в таблице 1.2. Наибольшее количество моделей по своим параметрам относится к 2-й группе (40,0%). Это универсальный класс средних колесно-харвестерных машин для выполнения выборочных и сплошных рубок со средним объемом ствола. Большинство моделей в этом классе имеют повышенную устойчивость и маневренность. Они могут работать в насаждениях с различной сложностью рельефа. 1-ю группу составляют легкие компактные харвестерные машины (32,0%) для проведения практически всех видов рубок ухода. Имея небольшие размеры, данные машины обладают хорошей



габаритной проходимостью и повышенной маневренностью в условиях густых насаждений[4].

3-ю группу представляют тяжёлые колесно-харвестерные машины. Их доля составляет 28,0%. Основное предназначение данных машин является выполнение рубок главного пользования в крупных древостоях. Они также могут использоваться в средних древостоях, но эффект их применения будет значительно ниже. Наибольший эффект от машин этой группы достигается при крупномасштабных заготовках леса[4].

Многие машины имеют колесную схему 6x6. Таких моделей колесно-харвестерных машин 61,0 %. Со схемой 4x4 их 26,0% и 8x8 -13,0 %. Диапазон мощностей таких машин данного типа составляет 85-205 кВт. Однако основное количество машин (70,0 %) имеет двигатели мощностью 125-190 кВт. Масса всех колесно-харвестерных машин представлена широким интервалом от 7,0 до 23,5 т. В то же время масса основного количества машин расположена в диапазоне 14,0-21,0 т. Большая масса обеспечивает им надежную устойчивость при валке. Номинальная мощность двигателей, устанавливаемых на колесно-харвестерных машинах, выше, чем на колесных трелевочных и форвардерных машинах, соответственно в 1,3-1,6 и 1,1-1,4 раза. Это объясняется повышенной энергоёмкостью операций, необходимостью одновременного их выполнения и обеспечения высокого качества обработки древесины. Обычно устанавливаются высокомоментные двигатели, позволяющие одновременно выполнять обрезку сучьев и перемещать дерево[4].

Общая компоновка колесно-харвестерных машин определяется не только колесной схемой, но и, расположением относительно друг друга гидроманипулятора, кабины оператора и моторной установки на модулях машины. Характерным признаком для всех вариантов является установка гидроманипулятора по центру технологического модуля, что положительно влияет на устойчивость машины[4].

Харвестерные головки являются важным механизмом на начальной стадии лесозаготовительных работ. Они выполняют валку деревьев, обрезку сучьев и раскряжевку стволов на сортименты. Современные головки имеют высокую производительность и качество работы, технологическую и техническую надежность[4].

### 1.3 Технологии лесосечных работ с применением многооперационных машин

Сортиментная заготовка древесины на лесосеке предусматривает выполнение трех технологических и ряда переместительных операций. Технологическими операциями называют те, при выполнении которых изменяется предмет труда. К ним относят валку деревьев, обрезку сучьев и раскряжевку хлыстов. К переместительным операциям относят те, при выполнении которых предмет труда сохраняет неизменным свое состояние, но перемещается в пространстве. Это окучивание тонкомерных сортиментов, трелевка, сортировка, штабелевка, погрузка[2].

Процессы обрезки сучьев и раскряжевки могут выполняться у пня, при волоке деревьев и на верхнем складе. Выбор места выполнения этих операций определяется характеристикой насаждения и лесоводственными требованиями по их освоению, а также наличным парком машин и оборудования[2].

Особоважным признаком классификации технологических процессов лесосечных работ при заготовке сортиментов является наличие оборудования для их реализации. Исходя из этого можно все технологические процессы лесосечных работ при заготовке сортиментов разделить на три группы[2]:

1. Механизированную технологию, при которой все три технологические операции выполняются при помощи ручного моторного инструмента[2].

2. Машинную технологию, при которой технологические операции выполняются, как правило, валочно-сучкорезно-раскряжевыми машинными (ВСРМ) или харвестерами, сучкорезными машинами (СРМ) или процессами[2].

3. Комбинированную технологию, при которой для выполнения технологических операций могут использоваться как машины, так и мотоинструмент[2].

Кроме этого, для изучения технологических процессов лесосечных работ их целесообразно разделить на три уровня, рассматривая при этом[2]:

-особенности выполнения отдельных операций и их элементов;

-схемы разработки пасек;

-схемы разработки делянок.

Разберем схемы разработки лесосеки системой машин «харвестер-форвардер», которая позволила полностью исключить ручной труд и может применяться при проведении как сплошных, так и несплошных рубок главного пользования, а также проходных рубок[2].

Представленные профессором В.А. Азаренком схемы разработки пасек системой харвардер, при разработке такой системой машин волок располагается по середине пасеки или по ее границе[2].

Технология разработки пасеки при размещении волока по границе пасеки применяется для проведения сплошных рубок при отсутствии под пологом насаждения хвойного подроста или второго яруса. Так как при этой технологии на волоке укладывается меньший объем порубочных остатков, чем при других схемах, то требуется хорошая несущая способность грунтов. Разработка ведется на одной полупасеке одновременно с разрубкой волока. Деревья валят на стену леса в направлении, перпендикулярном волоку, выпиливаемые сортименты пакетируются на площади, вырубленной с предыдущего волока. Сучья укладываются на волок. Наличие свободной площади для укладки пакетов сортиментов упрощает работу оператора харвестера/харвардера[2].

Разработка пасек с размещением волока на ее середине (рис.1.2) применяется для проведения рубок с сохранением подроста или на участках, где требуется увеличить несущую способность волока укладкой на него большего количества порубочных остатков, чем в технологии с волоком, расположенным на границе пасеки[2].

Разработка пасеки осуществляется следующим образом. Обе полупасеки разрабатываются одновременно с волоком. Деревья спиливают и валят перпендикулярно волоку, но с учетом расположения групп подроста и молодняка хозяйственно ценных пород. Волок при этой технологии может быть как прямолинейным, что упрощает трелевку, так и непрямолинейным вследствие огибания харвестером/харвардером куртин подроста, куртин и одиночных деревьев молодняка хозяйственно ценных пород и других препятствий. Непрямолинейные волокни также снижают ветровую нагрузку на насаждение при несплошных рубках. Ширина пасеки при этой технологии составляет два эффективных вылета манипулятора харвестера/харвардера[2].

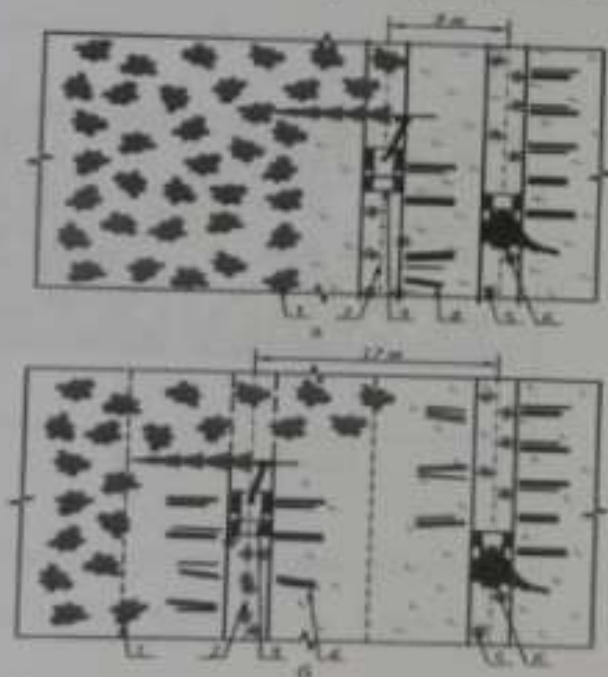


Рис.1.2 а и б. Технологическая схема разработки пасеки без сохранения подроста: а- с волоком по границе пасеки; б-с волоком по середине пасеки: 1-растущий лес; 2-волок; 3 -харвестер/харвардер; 4-пакеты сортиментов; 5-порубочные остатки; 6-форвардер/харвардер[2].

Принцип работы с заездами на полупасеки может рассматриваться как вариант технологии с волоком по середине пасеки, с увеличенной шириной пасеки до двух эффективных вылетов манипулятора (рис.1.3). При этом несколько снижается производительность в связи с затратами времени на заезды. Шаг примыкания заездов к волоку с каждой его стороны составляет около четырех эффективных вылетов манипулятора. Заезды на смежных полупасеках смещены наполовину шага, что обеспечивает досягаемость всех деревьев на смежных полупасеках. Длина заездов при этом составляет до полутора длин эффективного вылета манипулятора и выполняется криволинейной, что обеспечивает плавное примыкание к волоку[2].

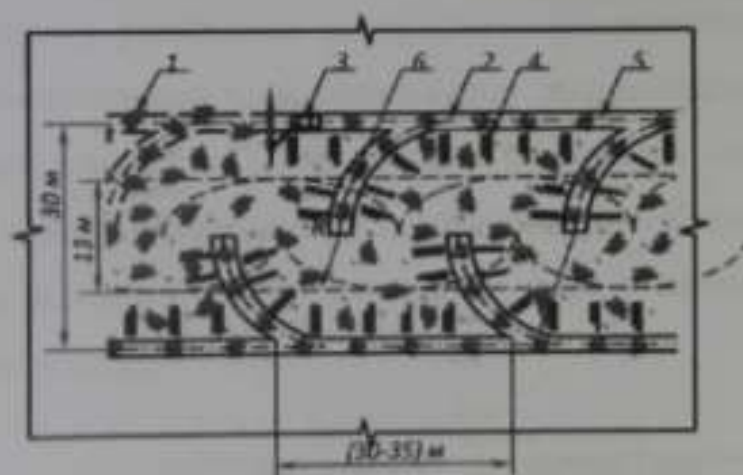


Рис.1.3 Схема работы харвестера с заездами на полупасеки: 1-растущий лес; 2-волоко; 3-харвестер/харвардер; 4-пакет сортиментов; 5-порубочные остатки; 6-заезд на полупасеку[2].

Вариация со вспомогательным коридором (импровизированным волоком, рис.1.4), на котором работает только харвестер/харвардер, позволяет уменьшить общую длину пасечных волоков на лесосеке. Форвардер/харвардер на который приходится основная часть повреждений

почвы, подроста и оставляемого древостоя, работает лишь на волоках, удаленный друг от друга на расстояние примерно 3,5 эффективных вылета манипулятора. При работе харвестера во вспомогательном коридоре, как и на волоке, выполняется весь цикл операций: валка, обрезка сучьев, раскряжевка и пакетирование, однако пакеты сортиментов при этом укладываются на максимальном удалении от машины. Этим обеспечивается доступность пакетов, сформированных харвестером/харвардером, при работе во вспомогательном коридоре для манипулятора форвардера/харвардера, перемещающегося по волоку[2].

Вероятное дополнительное увеличение ширины пасеки может быть достигнуто за счет разрубки двух вспомогательных коридоров (рис.1.5). При работе по этой технологии харвестер/харвардер после разрубки смежных волоков, отстоящих друг от друга на расстояние около 5 эффективных вылетов манипулятора и прилегающих полулент, приступает к работе на промежуточной пасеке леса, которая осваивается за два прохода. Причем харвестер/харвардер укладывает выпиливаемые сортименты в пакеты при работе во вспомогательных коридорах на одну сторону таким образом, чтобы они были досягаемы для манипулятора форвардера при движении по трелевочному волоку. Необходимость укладки сортиментов на одну сторону при работе во вспомогательных коридорах ведет к некоторому снижению производительности[2].

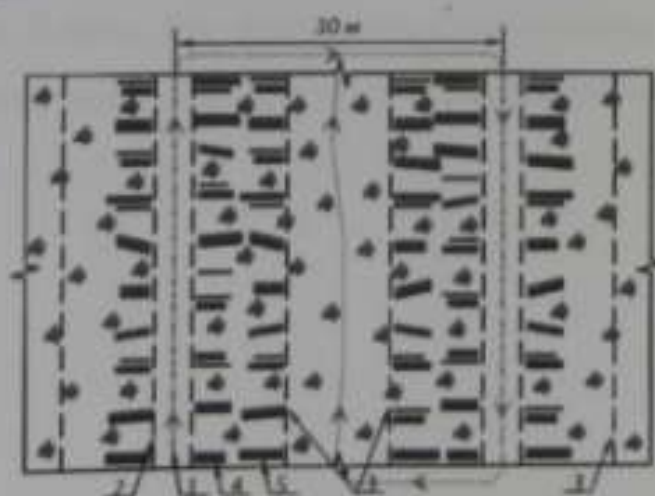


Рис.1.4 Схема разработки пасеки со вспомогательным коридором: 1-путь движения харвестера/харвардера; 2-границы волока; 3-границы ленты; 4-пакеты сортиментов, сформированные при разрубке волока; 5-пакеты сортиментов, сформированные при разрубке вспомогательной ленты[2].

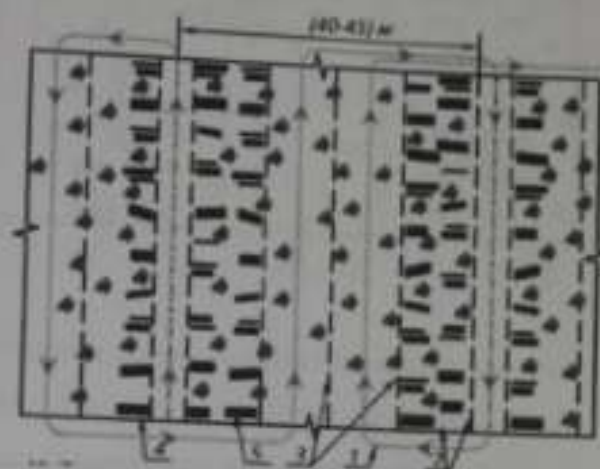


Рис.1.5 Технологическая схема работы харвестера/харвардера на пасеке с двумя вспомогательными коридорами: 1-путь движения харвестера/харвардера; 2-границы волока; 3-границы ленты; 4-пакеты сортиментов, сформированные при разрубке волока; 5-пакеты сортиментов, сформированные при разрубке вспомогательной ленты[2].

Допустимость использования харвестера/харвардера при работе по неполному циклу лежит в основе технологии разработки пасеки при его работе в трех режимах (рис.1.6). Вначале разрубается смежные пасечные волока, отстоящие друг от друга на расстоянии 4 эффективных вылетов манипулятора, и прилегающие ленты, достигаемые для манипулятора харвестера/харвардера. Работа при этом ведется по полному циклу. Затем харвестер/харвардер переходит для работы на оставленную между волоками полосу леса[2].

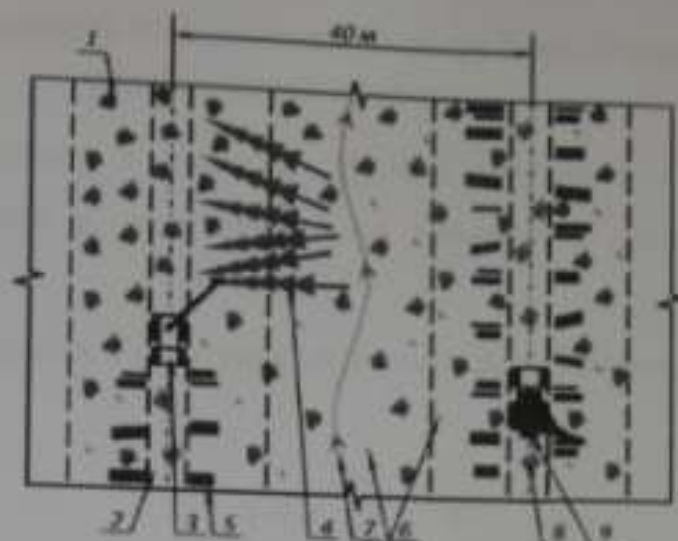


Рис.1.6 Технологическая схема разработки посеки харвестером/харвардером в трех режимах: 1-растущий лес; 2-волок; 3-харвестер/харвардер; 4-поваленные деревья; 5-пакет сортиментов; 6-пеньки; 7-движение харвестера при работе в режиме «валка»;8-порубочные остатки; 9-форвардер/харвардер[2].

Меняя позицию по центру этой полосы таким образом, чтобы нанести минимальный ущерб лесу, харвестер/харвардер осуществляет направленную валку деревьев, назначенных в рубку, под прямым углом к волоку вершиной в направлении ближайшего из волоков. Обрезка сучьев и раскряжевка поваленных деревьев осуществляются во время следующего прохода харвестера/харвардера по разрубленным волокам. Обрезка сучьев производится при этом способе за вершину, а раскряжевка хлыста после перехвата его харвестерным агрегатом - за комель. Описанная технология работы позволяет харвестеру/харвардеру сосредоточить на волоке большее количество порубочных отходов, чем при технологиях с одним и двумя коридорами, когда порубочные отходы остаются на посеках, и тем самым является предпочтительной на грунтах с недостаточной несущей способностью[2].



#### 1.4 Учет подроста и молодняка на вырубках. Повреждение напочвенного покрова.

После лесозаготовок и очистки лесосек учитывается сохранность подроста и молодняка и оценивается по таблице в процентах от их количества.

Сохранность подроста и молодняка в пасеках лесосек определяется по формуле:

$$СП = \frac{ОП_{пс}}{ОП_{лс}} \cdot 100, \quad (1.1)$$

где СП – сохранность подроста и молодняка, %

$ОП_{пс}$  – количество подроста и молодняка в пасеках лесосек, тыс. шт./га.

$ОП_{лс}$  – количество подроста и молодняка на лесосеке до проведения рубок тыс. шт./га.

Показатели полученные при расчетах, сравниваются с данными таблицы, по которым дается оценка качества лесосечных работ.

Расчет площади делянок  $S$  (га) с поврежденным напочвенным покровом:

$$S = S_{пс} + S_{мс} + S_{пш}, \quad (1.2)$$

где  $S_{пс}$  – суммарная площадь пасечных волоков, га;

$S_{мс}$  – суммарная площадь магистральных волоков, га;

$S_{пш}$  – суммарная площадь погрузочных площадок, га.

$$S_{пс} = L_{пс} \cdot B_{пс}$$

$$S_{мс} = L_{мс} \cdot B_{мс}$$

где  $L_{пс}$  и  $L_{мс}$  – суммарная длина пасечных и магистральных волоков, соответственно, м;

$$L = l_s \cdot N_s \cdot N_d \cdot N_r$$

где  $l_s$  – длина волока;

$N_s$  – количество волоков ;

$N_d$  - количество делянок в лесосеке;

$N_s$  - количество лесосек.

$B_{пс}$  и  $B_{мс}$  - ширина пасечных и магистральных волоков, соответственно,

м.

$$S_{пс} = A \cdot B \cdot N_d \cdot N_s$$

Где  $A \cdot B$  - длина и ширина погрузочного пункта;

*Технология разработки пасек с размещением волока на ее середине*

$$S_{пс} = L_{пс} \cdot B_{пс} = 170 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 = 12,8 \text{ Га}$$

$$S_{мс} = L_{мс} \cdot B_{мс} = 300 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 = 2,25 \text{ Га}$$

$$S_{пс} = A \cdot B \cdot N_d \cdot N_s = 60 \cdot 30 \cdot 3 \cdot 5 = 2,7 \text{ Га}$$

$$S = S_{пс} + S_{мс} + S_{пс} = 22,3 \text{ Га}$$

$$СП = \frac{ОП_{пс}}{ОП_{мс}} \cdot 100 = \frac{(15 \cdot 5 \cdot 250) + (5 \cdot 275) + (60 \cdot 30)}{300 \cdot 300} = 75,6\%$$

*Технология с заездами на полупасеки*

$$S_{пс} = L_{пс} \cdot B_{пс} = 200 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 = 12 \text{ Га}$$

$$S_{мс} = L_{мс} \cdot B_{мс} = 300 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 = 2,25 \text{ Га}$$

$$S_{пс} = A \cdot B \cdot N_d \cdot N_s = 60 \cdot 30 \cdot 3 \cdot 5 = 2,7 \text{ Га}$$

$$S = S_{пс} + S_{мс} + S_{пс} = 21,5 \text{ Га}$$

$$СП = \frac{ОП_{пс}}{ОП_{мс}} \cdot 100 = \frac{(10 \cdot 5 \cdot 200) + (5 \cdot 275) + (60 \cdot 30)}{300 \cdot 250} = 82,4\%$$

Таблица 1.3

Соотношение производительности харвестера, почвенных повреждений и сохранности подроста при определенной технологии разработки пасеки

Показатель	Технология разработки пасеки	
	с волоком на середине пасеки	с заездами на полупасеки

Производительность м <sup>3</sup> /см	165,6	141,4
Площадь делянок с поврежденным почвенным покровом, Га	22,3	21,5
Площадь делянок с сохраненным подростом, %	75,6	82,4

Технологии разработки пасеки с помощью харвестера и степень повреждений почвенного покрова, при этом, соответствуют требованиям сохранения подроста при проведении лесосечных работ.

### 1.5 Аналитический обзор по проблеме повышения производительности многооперационных лесозаготовительных машин

При оценке эффективности работы харвестерных машин в условиях лесозаготовок наиболее значимым параметром является производительность, которая зависит от ряда технических характеристик, природно-производственных факторов и особенностей технологии.

Были изучены работы:

Иванова В.В. и Мурзич Е.А. [5], в которой рассмотрен вопрос о внедрении многооперационной машины харвардера. Результаты расчета, на примере харвардера PonsseBuffaloDual, показали, что для эффективной работы этой машины рекомендуемый вылет манипулятора составит 4 м, ширина разрабатываемой ленты до 13 м.

Цель работы [6] является повышение производительности лесозаготовительных машин и эффективности лесосечных работ при выборочных рубках. По первой технологии с одной рабочей позиции

обеспечивается валка большего количества деревьев, производительность по этой технологии выше, чем по второй.

В данном исследовании [7] рассмотрены те мероприятия и их параметры, которые обеспечивают успешное естественное лесовозобновление. Применение сортиментных технологий разработки лесосек с использованием многооперационных машин харвестер-форвардер позволяет значительно повысить лесоводственно-экологическую и экономическую эффективность лесосечных работ. Диапазон применения сортиментных технологий природными условиями не ограничен.

В работе [8] проведен анализ согласования по производительности и увеличение коэффициента загрузки системы машин «харвестер-форвардер» посредством управления шириной пасаки. В итоге, рост производительности харвестера при уменьшении ширины пасаки составляет 7,5 %, что снижает время системы машин до 27,5 % по максимальному значению и до 11,8 % по среднему значению, соответственно коэффициент загрузки системы увеличивается с 0,83 до 0,89.

Основной задачей планирования [9] стало выявление причин повреждений оставляемого древостоя при несплошных рубках. Оценка технологических процессов лесосечных работ должна включать критерии экологического, экономического и социального характера.

В проекте [10] важным направлением развития сортиментной технологии является ее полная механизация с исключением ручного труда. Электроника и автоматика являются неотъемлемой частью харвестеров. Оснащаются автоматической системой управления машиной и измерительной системой для оценки объема заготовленной древесины.

Задача в работе [11] – обеспечивать высокую производительность процессов пиления и обрезки сучьев харвестерной головкой. Вывод – с применением методик проектирования оптимальной компоновки сучкорезно-

протаскивающего и раскрывевого устройства обоснована компоновка харвестерной головки для выборочных рубок.

Одним из приоритетных направлений в исследовании [12] является автоматизация технологических процессов, а так же внедрение автоматического управления рабочими характеристиками элементов машины на основе бортовой ЭВМ или автономных вычислительно-управляющих модулей на основе микропроцессоров. Описываемые в статье меры могут быть применены как самостоятельно, так и комплексно, вместе с другими конструктивными изменениями, позволяющими повысить эффективность функционирования оборудования.

В данной процедуре [13] изучено повышение эффективности вывозки круглых лесоматериалов является основной задачей для лесозаготовительных предприятий. Применение на лесосеке харвестера оснащенного дополнительным режущим органом снизит энергозатраты при дальнейшей обработке сортиментов с закомелистостью.

Цель обработки [14] - изучение использования рабочего времени и выработка на этой основе путей и способов оптимизации его использования. Проведенный анализ сменной производительности харвестера и вальщика показал, что полученные результаты обладают хорошей прогнозируемостью.

В работе [15] - определены наиболее вероятные параметры обрабатываемого древостоя при проведении различных видов рубок промежуточного пользования на основе их механизации. Проведенные исследования позволили определить влияние различных природно-производственных факторов на выбор эффективного вылета манипулятора и производительность харвестера. Установлено, что для рубок ухода необходимо применять технологическое оборудование, обеспечивающее обработку пасеки шириной 11-13 м. При значительном объеме проводимых

со слабой или очень слабой интенсивностью рубок в древостое, имеющем возраст 60–80 лет, эффективный вылет увеличивается до 7,1–7,5 м.

Целью изучения [16] стала производительность харвестера на рубках ухода. Наибольшая производительность харвестера при среднем вырубемом дереве  $0,1 \text{ м}^3$  в чистопородных сосняках –  $3,96 \text{ м}^3/\text{ч}$ , в лиственных смешанных лесонасаждениях –  $3,67 \text{ м}^3/\text{ч}$ , в чистопородных ельниках –  $3,09 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Исходя из результатов сравнения по классам градации можно отметить, что производительность харвестеров в чистопородных сосняках и чистопородных ельниках существенно отличается.

В исследовании [17] представлена методика и количественная оценка множества известных и защищенных патентами схем работы системы машин «харвестер – форвадер» по критериям производительности и доли площади волоков. В итоге, реальных производственных условиях целесообразно использование различных схем со вспомогательными коридорами в связи с тем, что схемы с заездами на полупасеки из-за сложной конфигурации практически трудно реализуемы для оператора харвестера.

Огромное влияние на производительность оказывает объем транспортно-переместительных операций харвестера и его технологического оборудования. При этом существенное влияние на технологию работы лесозаготовительной машины, технические и массово-габаритные параметры машины оказывает вылет устанавливаемого манипулятора.

Для сравнения были рассмотрены манипуляторы харвестеров JohnDeer, Komatsu, Ponsse с вылетами 10 м. и харвестерными головками способными обрабатывать деревья диаметром свыше 60 см.

## Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является исследование конструктивных параметров харвестера, влияющих на эффективность его работы.

## Задачи исследования

1. Рассмотреть технологические схемы работы харвестера на лесосеке с учетом вылета манипулятора.
2. Обосновать выбор рационального вылета манипулятора харвестера с учетом грузоподъемности и соблюдении лесоводственных требований.
3. Определить влияния некоторых индивидуальных особенностей строения деревьев на лесосеке на производительности харвестера.
4. Произвести анализ влияния скорости движения манипулятора на производительность харвестера.

## Глава 2. Математическое моделирование технологического процесса лесосечных работ с применением харвестера

### 2.1 Технологический процесс лесосечных работ

Технологическим процессом лесосечных работ называется совокупность приемов и способов заготовки древесного сырья на лесосеке.

Важнейшим элементом лесосечных работ являются подготовительные работы – подготовка лесосек и погрузочных пунктов. Кроме этого, сюда входят и вспомогательные работы – техническое обслуживание машин, занятых в лесу, доставка горюче-смазочных и других материалов, перевозка рабочих и др.

Технологический процесс состоит из ряда операций:

Валка деревьев, обрубка сучьев, трелевка, раскряжевка, штабелевка, погрузка, вывозка, очистка мест рубок.

Очистка лесосек: рекомендуется производить дифференцированно (в зависимости от способов лесовосстановления с учетом влажности почвы) в соответствии с правилами по очистке мест рубок. Как правило, порубочные остатки должны использоваться по назначению для целей производства. В тех случаях, когда они по каким-либо причинам не используются, на избыточно увлажненных почвах порубочные остатки должны собираться в кучи и оставаться на перегнивание.

При выполнении рубок на лесосеках со свежими и периодически влажными почвами, предназначенных для искусственного лесовосстановления одновременно с заготовкой, сбор порубочных остатков в кучи с последующим сжиганием в пожаробезопасный период.

Также необходимо соблюдать правила техники безопасности и правила пожарной безопасности в Лесах РФ, правила заготовки древесины, правила санитарной безопасности в лесах и правила ухода за лесом[2].



## 2.2 Технические характеристики сравниваемых лесосечных машин

### Технические характеристики

#### Харвестера JohnDeer 1270G

Таблица 2.1

Вес в рабочем состоянии	20,65 т
Производитель крана	JohnDeere
Тип крановой установки	СН 7
Шины сзади	600/710
Шины передние	600/710/800
Производитель агрегата	JohnDeere
Тип агрегата	H414 - Series II
Модель двигателя	D
Мощность двигателя	200 кВт
Количество покрышек	6
Рабочая длина выдвижной стрелы	10 м
Тяговое усилие	197 кН
Транспортная длина	12,27 м
Транспортная ширина	3,086 м
Высота в транспортном состоянии	3,81 м

### Технические характеристики

#### Харвестера JohnDeer 1470G

Таблица 2.2

Вес в рабочем состоянии	22,9 т
Производитель крана	JohnDeere
Тип крановой установки	СН 9
Шины сзади	710/700
Шины передние	650/710/750
Производитель агрегата	JohnDeere
Тип агрегата	H480C
Модель двигателя	D

Продолжение таблицы 2.2

Мощность двигателя	200 кВт
Количество покрышек	6
Рабочая длина выдвижной стрелы	10 м
Тяговое усилие	225 кН
Транспортная длина	12,28 м
Транспортная ширина	3,18 м
Высота в транспортном состоянии	3,91 м

Технические характеристики  
Харвестера Komatsu 901

Таблица 2.3

Вес в рабочем состоянии	16,85 т
Производитель крана	Komatsu
Тип крановой установки	200Н
Шины сзади	710/40-24,5
Шины передние	600/65-34
Производитель агрегата	Komatsu
Тип агрегата	S 92
Модель двигателя	D
Мощность двигателя	150 кВт
Количество покрышек	4
Рабочая длина выдвижной стрелы	10 м
Тяговое усилие	198 кН
Транспортная длина	6,4 м
Транспортная ширина	2,73 м
Высота в транспортном состоянии	3,74 м

Технические характеристики  
Харвестера Komatsu 931

Таблица 2.4

Вес в рабочем состоянии	23,6 т
-------------------------	--------

Продолжение таблицы 2.4

Производитель крана	Komatsu
Тип крановой установки	CRH22
Шины сзади	710/55-34
Шины передние	710/45-26,5
Производитель агрегата	Komatsu
Тип агрегата	S 92
Модель двигателя	D
Мощность двигателя	193 кВт
Количество покрышек	6
Рабочая длина выдвижной стрелы	10 м
Тяговое усилие	229 кН
Транспортная длина	7,36 м
Транспортная ширина	2,73 м
Высота в транспортном состоянии	3,91 м

## Технические характеристики

## Харвестера Komatsu 951

Таблица 2.5

Вес в рабочем состоянии	23,6 т
Производитель крана	Komatsu
Тип крановой установки	270H
Шины сзади	710/55-28,5
Шины передние	710/70-34
Производитель агрегата	Komatsu
Тип агрегата	365,1
Модель двигателя	D
Мощность двигателя	210 кВт
Количество покрышек	6
Рабочая длина выдвижной стрелы	10 м
Тяговое усилие	274 кН
Транспортная длина	8,31 м
Транспортная ширина	2,99 м

Высота в транспортном состоянии	3,81 м
---------------------------------	--------

Технические характеристики  
Харвестера PonsseBear

Таблица 2.6

Вес в рабочем состоянии	27,9 т
Производитель крана	Ponsse
Тип крановой установки	C6
Шины сзади	780x26,5 TRS
Производитель агрегата	Ponsse
Тип агрегата	H8
Модель двигателя	D
Мощность двигателя	260 кВт
Количество покрышек	8
Рабочая длина выдвижной стрелы	10 м
Тяговое усилие	310 кН
Шины передние	700/70-34
Транспортная длина	8,92 м
Транспортная ширина	2,99 м
Высота в транспортном состоянии	3,89 м

Технические характеристики  
Харвестера Ponsse Beaver

Таблица 2.7

Вес в рабочем состоянии	17,1 т
Производитель крана	Ponsse
Тип крановой установки	C2
Шины сзади	710x26,5 TRS
Производитель агрегата	Ponsse
Тип агрегата	H6
Модель двигателя	D

Мощность двигателя	150 кВт
Количество покрышек	6
рабочая длина выдвижной стрелы	10 м
Тяговое усилие	205 кН
Шины передние	600/55-26.5
Транспортная длина	7,07 м
Транспортная ширина	2,99 м
Высота в транспортном состоянии	3,57 м

Технические характеристики  
Харвестера PonsseErgo8w

Таблица 2.8

Вес в рабочем состоянии	20,5 т
Производитель крана	Ponsse
Тип крановой установки	C5
Шины сзади	710x26,5 TRS
Производитель агрегата	Ponsse
Тип агрегата	H7
Модель двигателя	D
Мощность двигателя	210 кВт
Количество покрышек	8
рабочая длина выдвижной стрелы	10 м
Тяговое усилие	248 кН
Шины передние	710-34
Транспортная длина	8,06 м
Транспортная ширина	2,99 м
Высота в транспортном состоянии	3,77 м

Технические характеристики  
 Форвардера John Deere 1510G

Таблица 2.9

Вес в рабочем состоянии	18,23 т
Производитель крана	JohnDeere
Тип крановой установки	CF 7/CF 7S
Стандартные шины	710/800
Тяговое усилие	125 or 143 кН
Грузоподъемность	15 т
Вид привода	HSM
Количество покрышек	8
Транспортная длина	11,02 м
Транспортная ширина	3,086 м
высота в транспортном состоянии	3,87 м
Производитель двигателя	JohnDeere
Модель двигателя	6068
Мощность двигателя	164 кВт
Мощность двигателя	224 л/с
Рабочий объем	6,8 л
Число оборотов при макс. крутящем моменте	1200-1700
Макс. крутящий момент	978 Нм

Таблица 2.10

Сравнительная характеристика манипуляторов харвестеров

Манипуляторы Харвестеров (JohnDeer, Komatsu, Ponsse)			
Манипулятор (Харвестер)	Вылет стрелы, мм	Крутящий момент, кНм	Грузоподъемность, кг (Грузовой момент, кНм)
200Н (Komatsu 901)	10 000	43	2019 (198)
230Н (Komatsu 931)	10 000	47,5	2335 (229)
270Н (Komatsu 951)	10 000	60	2794 (274)

CH7 (John Deere 1270G)	10 000	50	2008 (197)
CH9 (John Deere 1470G)	10 000	59	2294 (225)
C6 (Ponsse Bear)	10 000	67	3675 (310)
C5 (Ponsse Ergo8w)	10 000	57	2528 (248)
C2 (Ponsse Beaver)	10 000	38	2090 (205)

Таблица 2.11

## Харвестерные головки харвестеров

Марка харвестерной головки (Марка Харвестера)	Параметры харвестерной головки		
	Масса, кг	Диаметр пропила, мм	Давление в системе гидравлики, МПа
Waratah H414 (John Deer 1270G)	1030	620	28
Waratah H480C (John Deer 1470G)	1240	650	28
Komatsu S92 (Komatsu 901,931)	951	630	28
Komatsu 365.1 (Komatsu 951)	1235	650	28
Ponsse H8 (Ponsse Bear)	1250	720	28
Ponsse H6 (Ponsse Beaver)	1050	610	28
Ponsse H7 (Ponsse Ergo8w)	1150	650	28

### 2.3 Определение эффективного вылета манипулятора в программной среде Statistica

Для развития лесозаготовительной отрасли на рубках главного и промежуточного пользования необходимо внедрение эффективных

высокопроизводительных систем машин на базе харвестера и форвардера. Производительность этой системы машин зависит от природно-производственных условий и их конструктивных особенностей, одной из которых является вылет манипулятора [2,5].

Цель работы – определение эффективного вылета манипулятора харвестера для повышения его производительности. Для достижения поставленной задачи в программной среде «Statistica» были определены статистические оценки выборки (табл.2.12) построение гистограммы (рис.2.1) и выбор законов распределения (табл.2.13).

Таблица 2.12

Статистические характеристики вылета манипулятора харвестера

Количество	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее квадратическое отклонение	Дисперсия
100	6,071399	2,898914	9,485529	1,593700	2,593700

По итогам статистической обработки экспериментальных данных использованием методики представленной в [18] с использованием программной среды «Statistica» установлено, что вылет манипулятора харвестера подчиняется логнормальному закону распределения (рис.2.1, табл.2.13) со средним значением 6,071399м.

Таблица 2.13

Границы интервалов и частот вылета манипулятора харвестера

Границы интервала	Частота	Кумулят частота	Частота, %	Кумулят частота, %	Теоретическая частота	Кумулят теоретическая частота	Теоретическая частота, %	Кумулят теоретическая частота, %	Равность частот
<= 2,50000	0	0	0,00000	0,0000	1,25147	1,2517	1,25147	1,2517	-1,25147
3,00000	1	1	1,00000	1,0000	1,44618	2,6977	1,44618	2,6977	-0,44618
3,50000	1	2	1,00000	2,0000	2,63438	5,3320	2,63438	5,3320	-1,63438
4,00000	8	10	8,00000	10,0000	4,35243	9,6845	4,35243	9,6845	1,64217
4,50000	8	18	8,00000	18,0000	6,32202	16,2065	6,52202	16,2065	1,47798
5,00000	11	29	11,00000	29,0000	8,86405	25,0705	8,86405	25,0705	2,13889
5,50000	9	38	9,00000	38,0000	10,92656	35,9971	10,92656	35,9971	-1,92656
6,00000	12	50	12,00000	50,0000	12,21620	48,2133	12,21620	48,2133	-0,21620
6,50000	13	63	13,00000	63,0000	12,38769	60,6010	12,38769	60,6010	0,61231
7,00000	9	72	9,00000	72,0000	11,39323	71,9942	11,39323	71,9942	-2,80323



7,50000	8	80	8,00000	80,0000	9,50396	81,4982	9,50396	81,4982	-1,30396
8,00000	6	86	6,00000	86,0000	7,19057	88,6087	7,19057	88,6087	-1,19057
8,50000	5	92	4,00000	92,0000	4,93428	93,6230	4,93428	93,6230	1,96572
9,00000	4	96	4,00000	96,0000	3,07100	96,6940	3,07100	96,6940	0,92900
9,50000	4	100	4,00000	100,0000	1,73354	98,4276	1,73354	98,4276	2,56646
10,00000	0	100	0,00000	100,0000	0,88753	99,3151	0,88753	99,3151	-0,88753
< Infinity	0	100	0,00000	100,0000	0,68491	100,0000	0,68491	100,0000	-0,68491

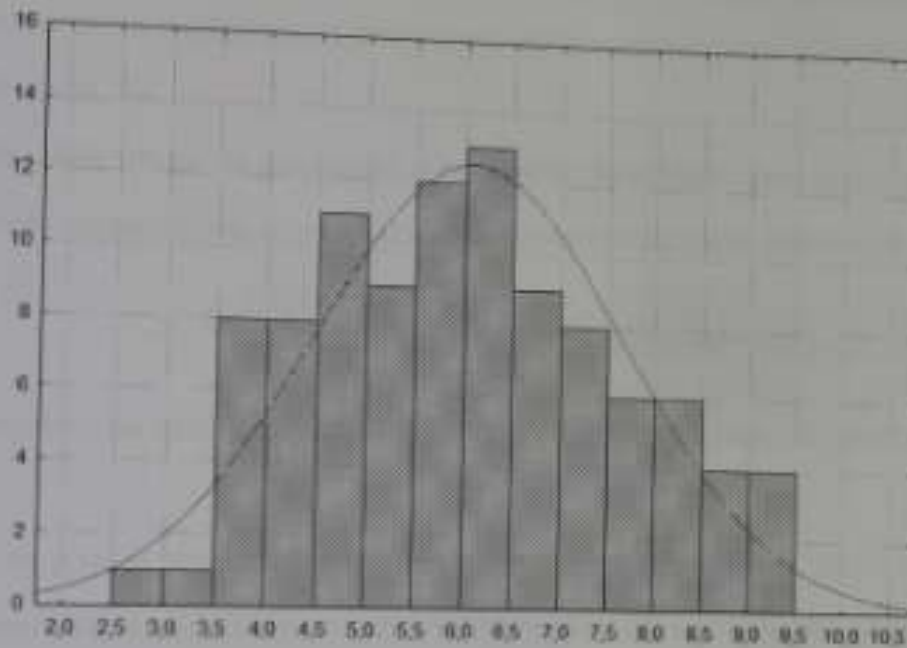


Рис.2.1 Гистограмма и закон распределения вылета манипулятора харвестера ( $\chi^2 = 6,96354, p = 0,43269$ )

Таким образом, на основании выборки результатов наблюдений установлено, что наиболее эффективный вылет манипулятора находится в пределах от 4 до 7 метров.

#### 2.4 Основные показатели лесосечного фонда

Распределение годовой программы рубок по категориям лесов

рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{год}} = Q^I + Q^J = 22 + 0 = 22 \text{ тыс. м}^3 \quad (2.1)$$

где  $Q_{\text{год}}$  – годовой объем рубок, тыс. м<sup>3</sup>;

$Q'$  – объем рубок в защитных лесах, тыс.м<sup>3</sup>;

$Q''$  – объем рубок в эксплуатационных лесах, тыс.м<sup>3</sup>.

Выбор системы рубок добровольно выборочный.

Определение общей площади лесосек в каждой категории лесов:

$$S_i = \frac{Q_i}{c_i \cdot M_i} = (22000 / (0,30 \cdot 249)) = 294,5 \text{ га} \quad (2.2)$$

где  $S_i$  – площадь лесосеки в соответствующей категории леса, га;

$Q_i$  – объем заготовки древесины в соответствующей категории леса, м<sup>3</sup>;

$c_i$  – интенсивность выборки ликвидного запаса древесины в соответствующей категории леса, %;

$M_i$  – ликвидный запас на лесосеке в соответствующей категории леса, м<sup>3</sup>/га.

Определение количества осваиваемых лесосек в каждой категории лесов:

$$n_i = \frac{10000 \cdot S_i}{a \cdot b} = (10000 \cdot 294,5) / (500 \cdot 250) = 24 \text{ шт} \quad (2.3)$$

где  $n_i$  – количества осваиваемых лесосек в соответствующей категории леса, шт;

$a$  – принятая длина лесосеки в соответствующей категории леса, м;

$b$  – принятая ширина лесосеки в соответствующей категории леса, м.

#### 2.4.1 Подготовительные работы

Подготовительные работы на лесосеке проводят для того, чтобы создать необходимые условия для безопасной и высокопроизводительной работы на основных лесосечных работах. Проведение подготовительных работ является обязательным и должно предшествовать разработке каждой лесосеки.

#### 2.4.2 Подготовка погрузочных площадок

Заключается в выборе места, его расчистке, устройстве подъездных путей и путей для перемещения лесопогрузочных машин и машин для очистки деревьев от сучьев.

Расчет числа погрузочных площадок производится по формуле:

$$N_i = Q_i / E = 22000 / 475,2 = 47 \text{ шт}$$

$$E = l * b * h * k_n = 44 * 3 * 6 * 0,6 = 475,2 \text{ м}^3, \text{ где} \quad (2.4)$$

$N_{\text{шт}}$  - количество погрузочных площадок, в соответствующей системе машин, шт;

$E$  - объем штабеля на одном погрузочном пункте, ;

$l, b, h$  - длина, ширина, высота штабеля, м;

- коэффициент полндревесности.

#### 2.4.3 Трудозатраты на проведение подготовительных работ

$$\sum T_{\text{под}}^{i, II} = \frac{Q^{i, II}}{\% \cdot M} \left( A + \frac{B}{S} + \frac{K \cdot C}{100 \cdot b} \right) \quad (2.5)$$

$$= (22000 / (0,3 * 249)) * (1,0 + (1/5) + ((1,1 * 1,2) / (100 * 0,2))) = 373 \text{ чел.-дн.}$$

где  $Q$  - годовой объем вывозки леса,  $\text{м}^3$ ;

$M$  - средний запас на 1 га,  $\text{м}^3$ ;

$A$  - трудозатраты на подготовку 1 га лесосеки к рубке (уборку опасных деревьев, разметку пасек и волоков) одним рабочим,  $A = 0,5 - 1,5$  чел.-дн.;

$B$  - трудозатраты на подготовку одного погрузочного пункта или верхнего склада одним рабочим,  $B = 0,1 - 2$  чел.-дн.;

$S$  - площадь лесосеки, примыкающая к одному погрузочному пункту,  $S = 5 - 8$  га;

$C$  - трудозатраты на строительство 1 км лесовозного уса одним рабочим, для лежневого покрытия  $C = 200 - 250$  дн., для снежных и грунтовых усов на плотном основании  $C = 10 - 15$  дн.;

$K$  - коэффициент, учитывающий наличие неэксплуатационных площадей (вырубки, болота, гари и т.д.),  $K = 1 - 1,2$ ;

$b$  - ширина лесосеки, осваиваемая с одного лесовозного уса, км.

$N_{\text{раб.д.р.}}$  - число рабочих на подготовительных работах;

$N$  - число дней работы для данной системы машин день.

По результатам расчета трудозатрат на подготовительные работы рассчитывается число рабочих, необходимое для выполнения работ.

$$N_{\text{раб.д.р.}} = T_{\text{н.р.}}/N = 373/230 = 1,6 = 2 \text{ чел.} \quad (2.6)$$

#### 2.4.4 Определение среднего расстояния трелевки

$$L = (k_a \cdot a + k_b \cdot b) \cdot k_{\text{уд}} = (0,5 \cdot 250 + 0,25 \cdot 200) \cdot 1,1 = 192,5 \text{ м} \quad (2.7)$$

где  $L$  - среднее расстояние трелевки, м;

$k_a, k_b$  - коэффициенты, учитывающие схему расположения волоков на лесосеке;

$a, b$  - длина и ширина лесосеки, м;

$k_{\text{уд}}$  - коэффициент удлинения расстояния трелевки,  $k = 1,1 \dots 1,4$ .

#### 2.4.5 Определение суточного и сменного объема работ

$$Q_{\text{сут}} = Q / N = 22000 / 230 = 96 \text{ м}^3 \quad (2.8)$$

где  $Q$  - годовой объем рубок в категории лесов;

$N$  - количество рабочих дней.

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{сут}} / n = 96 / 1 = 96 \quad (2.9)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  - суточный объем работ;

$n_{\text{см}}$  - количество смен (машинная валка = 1 смена).

Таблица 2.14

Нормы выработки для системы машин

Операции	Марка	I выборочные рубки Нв, м <sup>3</sup> /см
----------	-------	--

Валка Обрезка сучьев Раскряжевка	Харвестер John Deere 1270G	168,2
Трелевка	Форвардер John Deere 1510G	168,1

#### 2.4.6 Суточное задание бригаде

$$Q_{\text{бр}} = n_{\text{м}} \cdot H_{\text{с}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{г}} \quad (2.10)$$

где  $n_{\text{м}}$  - число ведущих механизмов в бригаде;

$H_{\text{с}}$  - норма выработки на машино-смену;

$K_{\text{с}}$  - коэффициент сменности;

$K_{\text{г}}$  - коэффициент перевыполнения норм выработки,  $K_{\text{г}} = 1,1 \dots 1,15$ .

$$Q_{\text{бр1}} = 1 \cdot 168,2 \cdot 1 \cdot 1,1 = 185 \text{ м}^3/\text{смену}$$

#### 2.4.7 Проверочный расчет производительности системы машины

Сменная производительность харвестера JohnDeere 1270G

$$P_{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} - t_{\text{р}}}{t_{\text{ц}}} V_{\text{х}} \quad (2.11)$$

$$1) P_{\text{см}} = ((28800 - 1800) / 81,9) \cdot 0,51 = 168,2 \text{ м}^3/\text{см}$$

где  $T_{\text{см}}$  - продолжительность рабочей смены, с;

$t_{\text{р}}$  - регламентированные простои, с;

$V_{\text{х}}$  - средний объем хлыста,  $\text{м}^3$ ;

$t_{\text{ц}}$  - продолжительность цикла, с.

Продолжительность цикла составит:

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6,$$

$$t_{\text{ц}} = 3,4 + 2,3 + 13,2 + 49,1 + 9,7 + 4,2 = 81,9 \text{ с}$$

где  $t_1$  - наведение и доставка харвестерного агрегата к дереву, с;

$t_2$  - зажим рычагов харвестерного агрегата, с;

$t_3$  - валка дерева, с;

$t_4$  - обрезка сучьев, с;

$t_5$  - раскряжевка хлыста, с;

$t_6$  - переезд от одной технологической стоянки к другой в расчете на одно дерево, с.

Среднее время наведения и доставки харвестерного агрегата к дереву определяется по формуле:

$$t_1 = \left( 0,66 \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \right) / V_{\text{аг}}$$

$$t_1 = (0,66 * ((10^3 - 2^3) / (10^2 - 2^2))) / 2 = 3,4 \text{ с.}$$

где  $R$  и  $r$  – максимальный и минимальный вылеты манипулятора, м;  
 $V_{\text{аг}}$  – скорость перемещения харвестерного агрегата, м/с.

Фактором, определяющим время зажима рычагов харвестерного агрегата, является диаметр ствола дерева в плоскости зажимных рычагов. Это время определяется по формуле:

$$t_2 = \frac{D_{\text{аг}} - D_{\text{р}}}{V_{\text{р}}} = \frac{0,7 - 0,24}{0,2} = 2,3 \text{ с}$$

где  $D_{\text{аг}}$  – диаметр максимального раскрытия харвестерного агрегата, м,  $D_{\text{аг}} = D_{\text{макс}} + 0,05$ ;

$D_{\text{р}}$  – диаметр ствола дерева в плоскости зажимных рычагов, м;

$V_{\text{р}}$  – скорость перемещения зажимных рычагов, м/с,  $V_{\text{р}} = 0,2 \dots 0,3$ .

Время на валку дерева определяется по формуле:

$$t_3 = \frac{\pi D_{\text{н}} k_{\text{н}}}{4 P_{\text{чп}} \varphi_{\text{чп}}} = \frac{3,14 * 0,24 * 1,4}{4 * 0,04 * 0,5} = 13,2 \text{ с}$$

где  $D_{\text{н}}$  – диаметр ствола в месте пропила, м;

$P_{\text{чп}}$  – производительность чистого пиления пильного механизма, м<sup>2</sup>/с;

$\varphi_{\text{чп}}$  – коэффициент, учитывающий использование производительности чистого пиления,  $\varphi_{\text{чп}} = 0,5 \dots 0,7$ ;

$k_{\text{н}}$  – коэффициент, учитывающий затраты времени на падение дерева,  $k_{\text{н}} = 1,4 \dots 1,8$ .

$$P_{\text{чп}} = \pi D_{\text{н}} V_{\text{н}} / 4 = 3,14 * 0,24 * 0,2 / 4 = 0,04 \text{ м}^2/\text{с}$$

где  $V_{\text{н}}$  – скорость продвижения в механизме пиления, м/с,  $V_{\text{н}} = 0,1 \dots 0,2$ .

Время, затрачиваемое на обрезку сучьев, вычисляется по формуле:

$$t_4 = \frac{Hk}{V} + \frac{H(1-k)}{V_0} = \frac{25 \cdot 0,5}{0,7} + \frac{25(1-0,5)}{0,4} = 49,1 \text{ с}$$

где  $H$  – длина хлыста, м;

$V_0$  – средняя скорость протаскивания ствола, м/с,  $V_0 = 0,3 \dots 0,5$ ;

$V$  – средняя скорость протаскивания ствола без обрезки сучьев, м/с,  $V = 0,6 \dots 0,8$ ;

$k$  – коэффициент, учитывающий длину бессучковой зоны до начала кроны дерева.

Время раскряжевки ствола определяется по формуле:

$$t_5 = \frac{D_{ср} n_p}{V_{II}} + \frac{V n_p}{a_T} = \frac{0,18 \cdot 3}{0,2} + \frac{0,7 \cdot 3}{0,3} = 9,7 \text{ с}$$

где  $D_{ср}$  – средний диаметр пропила, м;

$n_p$  – число пропилов;

$a_T$  – замедление при торможении протаскивания ствола, м/с.

В свою очередь

$$a_T = \frac{V^2}{2l_T} = \frac{0,7^2}{2 \cdot 0,9} = 0,3 \text{ м/с}$$

где  $l_T$  – средний путь торможения харвестерного агрегата перед остановкой для выполнения пропила (в среднем 0,15 длины наибольшего сортимента), а средний диаметр пропила составит:

Время переезда между технологическими стоянками на одно дерево составит:

$$t_6 = \frac{l_{стп}}{V_M n}$$

$$t_6 = 8 / 0,2 \cdot 10 = 4,2 \text{ с}$$

где  $l_{стп}$  – расстояние между стоянками, м;

$V_M$  – средняя скорость перемещения машины, м/с;

$n$  – количество деревьев, обрабатываемых с одной стоянки.

Расстояние переезда между стоянками составит:

$$l_{стп} = R - r = 10 - 2 = 8 \text{ м}$$

где  $R$  и  $r$  – максимальный и минимальный вылет манипулятора, м.

Среднее число деревьев, заготавливаемое с одной стоянки, составит:

$$n = N_d / n_{сст}$$

$$n = 240 / 25 = 10$$

где  $N_s$  – среднее количество деревьев на разрабатываемой ленте;  
 $n_{ост}$  – количество технологических стоянок харвестера при движении по ленте.

В свою очередь

$$n_{ост} = \frac{l_2}{l_{пер}}$$

$$n_{ост} = 200 / 8 = 25$$

где  $l_2$  – длина пасечной ленты, м.

Среднее число деревьев на разрабатываемой ленте определяется по формуле:

$$N_s = \frac{S_p N}{10^4}$$

$$N_s = (4000 * 600) / 10^4 = 240$$

где  $S_p$  – площадь пасечной ленты, м<sup>2</sup>;

$N$  – густота насаждения, дер./га,  $N = 400 \dots 1200$ .

Производительность форвардера John Deere 1510G

$$П_{см} = \frac{T_{см} - t_p}{t_n} Q, \quad (2.12)$$

$$П_{см} = ((28800 - 2400) / 1570,8) * 10 = 168,1 \text{ м}^3/\text{см}$$

где  $Q$  – средний объем транспортируемого форвардером пакета, м<sup>3</sup>;

$T_{см}$  – продолжительность смены,

$$t_n = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8$$

$$t_n = 350 + 350 + 240 + 180 + 240 + 180 + 30,8 = 1570,8 \text{ с}$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – время погрузки и разгрузки платформы форвардера, с;  
 $t_3$  и  $t_4$  – время движения форвардера по пасечному волоку в грузовом и порожнем направлениях, с;

$t_5$  и  $t_6$  – время движения форвардера по магистральному волоку в грузовом и порожнем направлениях, с;

$t_7$  и  $t_8$  – время переездов во время погрузки и разгрузки платформы, с;



### 2.4.8 Определение числа бригад

$$n_{бр.лр} = \lceil 96 / 187,2 \rceil = 1 \text{ бр} \quad (2.13)$$

где  $Q_{\text{маш}}$  - суточный объем работ для каждой системы машин;

$Q_{\text{бр}}$  - суточное задание бригаде.

### 2.4.9 Расчет числа рабочих в бригаде

Таблица 2.15

Расчет ведется в зависимости от типа технологического процесса и формы организации труда.

Вид рубок	Выполняемая операция	Задание бригаде, м <sup>3</sup>	Марка машины или оборудования	Норма выработки, м <sup>3</sup> /см	Число рабочих	
					по норме	Принятое
Выборочные	Валка	185	John Deer 1270G	168,2	1,1	1
	Раскряжевка					
	Обрезка сучьев					
	Трелевка		John Deer 1510G	168,1	1,1	1
	Всего в бригаде				2	2

### 2.4.10 Расчет числа рабочих, необходимых для выполнения лесосечных работ

Таблица 2.16

Потребное число рабочих на предприятии

Система рубок	Профессия рабочих	Число рабочих в бригаде	Число бригад	Всего на предприятии, чел.	Трудозатраты, чел.-дни.
I	Оператор харвестера	1	1	1	230

Продолжение таблицы 2.16

	Оператор форвардера	1		1	230
Σ				2	460

### 2.4.11 Потребное число машин и оборудования на предприятии

Таблица 2.17

Потребное число лесосечных машин на предприятии

Система машин (выб. + сплош.)	Наименование и марка оборудова- ния	Потребность в оборудовании							
		В бригаде				На предприятии			
		В работ е	В резер ве	В ремо нте	Ито- го	В рабо те	В резер ве	В ремо нте	Ито- го
1	Харвестер John Deer 1270D	1	0	0	1		0	0	1
	Форвардер John Deer 1910E	1	0	0	1	1	0	0	1

### 2.4.12 Трудозатраты на вспомогательные работы

Таблица 2.18

Ведомость трудозатрат на вспомогательные работы.

Виды работ	Единицы измерения	Норма трудозатрат.	Трудозатраты в год, чел.-дн.
			1
Доставка материалов, ГСМ и запчастей	$\frac{\text{чел} \cdot \text{дн}}{1000 \text{м}^3}$	2	44
Содержание трелевочных волоков		0,5	11
Прогрев трактора и охрана машин		4	88

Точка и правка лесозаготовительного инструмента		2,5	55
Уборка отходов и очистка склада от снега		3	66
Приемка древесины при среднем объеме хлыста 0,51		7	154
Технологическое обслуживание и ремонт машин и оборудования			
John Deere 1270G	чел – дн. маш – см.	0,651	156,9
John Deere 1510G		0,409	94,1
$\Sigma$			669

#### 2.4.13 Расчет площади делянки с поврежденным напочвенным покровом

$$S = S_{п.в} + S_{м.в} + S_{п.п.}, \quad (2.14)$$

где  $S_{п.в}$  – суммарная площадь пасечных волоков, га;

$S_{м.в}$  – суммарная площадь магистральных волоков, га;

$S_{п.п.}$  – суммарная площадь погрузочных площадок, га.

$$S_{п.в} = L_{п.в} \cdot B_{п.в},$$

$$S_{м.в} = L_{м.в} \cdot B_{м.в},$$

где  $L_{п.в}$  и  $L_{м.в}$  – суммарная длина пасечных и магистральных волоков, соответственно, м;

$B_{п.в}$  и  $B_{м.в}$  – ширина пасечных и магистральных волоков, соответственно, м.

$$S = 16800 + 800 + 3000 = 20600 \text{ м}^2$$

$$S_{п.в.} = 200 \cdot 4 \cdot 21 = 16800 \text{ м}^2$$

$$S_{м.в.} = 200 \cdot 4 = 800 \text{ м}^2$$

$$S_{п.п.} = 100 \cdot 30 = 3000 \text{ м}^2$$

62500 м<sup>2</sup> – площадь делянки

Поврежденная площадь – 33%  
**Трудозатраты на очистку мест рубок**

Машинная очистка

$$T_{\text{очист}} = H_{\text{тз}} * Q_{\text{год}} = 12,2 * 22000 = 268,4 \text{ чел./дня} \quad (2.15)$$

Все рассчитанные трудозатраты по видам работ заносят в сводную ведомость.

Таблица 2.19

Сводная ведомость трудозатрат

Виды работ	Трудозатраты, чел. — дн.
Основные работы	460
Очистка леса	268,4
Подготовительные работы	373
Вспомогательные работы	669
Всего	1770,4

Комплексная выработка на одного рабочего с учетом подготовительных и вспомогательных работ:

$$K = Q_{\text{год}} / \sum T_p = 22000 / 1770,4 = 13 \text{ м}^3/\text{чел.-дн.} \quad (2.16)$$

Среднесписочное число рабочих на лесосечных работах составит:

$$N_{\text{раб}} = \sum T_p / N = 1770,4 / 230 = 8 \text{ чел.} \quad (2.17)$$

Таблица 2.20

Производительность харвестера в зависимости от вылета

Вылет, м	П см, м <sup>3</sup> /см
2	0
3	154
4	159,6
5	163
6	165,1

7	
8	166,5
9	167,4
10	168,2

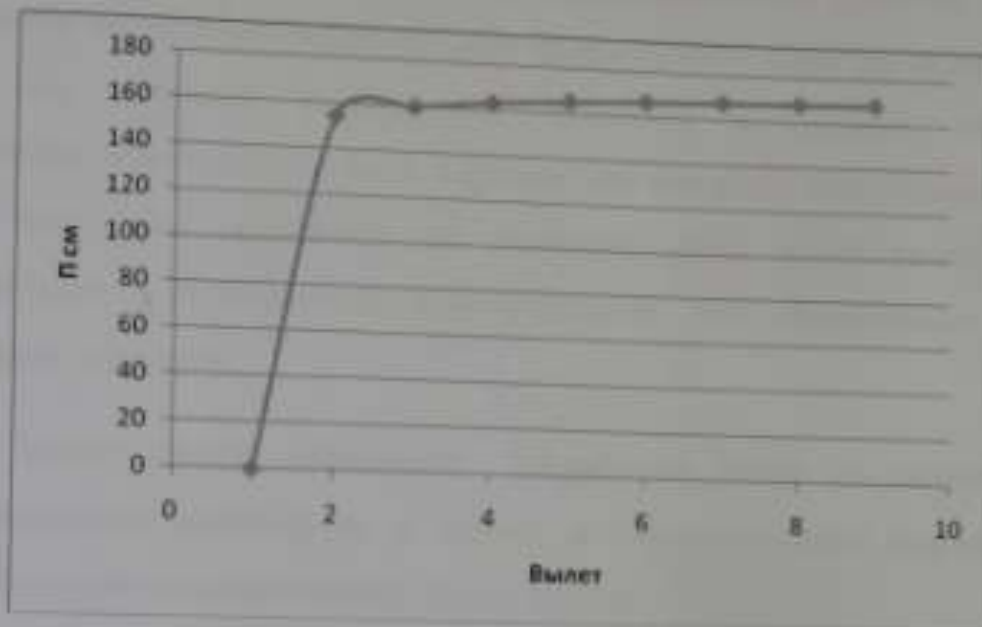


Рис. 2.2 Диаграмма зависимости производительности харвестера от вылета

### Выводы

В результате проведенного исследования получили оптимальный вылет манипулятора харвестера находится на уровне 6 м. На данном расстоянии машина способна вести разработку пазов шириной до 12 м.

Однако, при такой ширине пазов не выполняется условие Правил заготовки древесины по сохранению подроста:

При проведении выборочных рубок спелых, перестойных лесных насаждений должно обеспечиваться сохранение подроста лесных насаждений целевых пород на площадях, не занятых погрузочными пунктами, трассами магистральных и пазовых волоков, дорогами, производственными и бытовыми площадками, в количестве не менее 70 процентов (для горных лесов - 60 процентов).

Следовательно, можно рассмотреть технологию разработки пасеки с заездами на полупасеки как вариант технологии с волоком по середине пасеки, с увеличенной шириной пасеки до двух эффективных вылетов манипулятора. При этом несколько снижается производительность в связи с затратами времени на заезды. Шаг примыкания заездов к волоку с каждой его стороны составляет около четырех эффективных вылетов манипулятора. Заезды на смежных полупасеках смещены наполовину шага, что обеспечивает досягаемость всех деревьев на смежных полупасеках. Длина заездов при этом составляет до полутора длин эффективного вылета манипулятора и выполняется криволинейной, что обеспечивает плавное примыкание к волоку.

Также можно применить разработки пасек по технологии со вспомогательным коридором, с двумя вспомогательными коридорами, а также схема работы харвестера в трех режимах.

## Глава 3. Исследования работы харвестера

### 3.1. Характеристика объекта исследования

#### 3.1.1. Месторасположение предприятия и его назначение

Уральский учебно-опытный лесхоз основан 23 марта 1948 при закреплении участка лесного фонда за Уральским лесотехническим институтом для научных, образовательных целей соответствии с Постановлением Совета Министров СССР № 881-Р от 27 января 1948 г.

В постоянном (бессрочном) пользовании Уральского учебно-опытного лесхоза находятся около 29126 га лесного фонда, расположенного вблизи городов: Екатеринбург, Верхняя Пышма, Первоуральск.

В состав УУОЛ УГЛТУ входят 5 участков:

- 1) Парковый 4570 га
- 2) Северский 5605 га
- 3) Верх-Исетский 5492 га
- 4) Студенческий 5873 га
- 5) Уваловский 7586 га

В состав УУОЛ также входят: деревообрабатывающий цех, участок заготовки, нижний склад, лесопильный цех, участок для переработки тонкомерных лесоматериалов, сушильные камеры, транспортный цех, столярный цех, питомник декоративных растений, студенческие общежития, учебный гостиничный комплекс «Лаборатория гостеприимства» со столовой, спортивно-оздоровительный лагерь «Юность», база отдыха для сотрудников «Бодрость», учебно-опытное охотничье хозяйство на площади около 26 тыс.га.

УУОЛ УГЛТУ выполняет работу в нескольких направлениях:

-обеспечение условий для практической подготовки специалистов лесного комплекса, а также проведение и внедрение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, освоение отечественного и зарубежного опыта; создание условий для проведения

работ и мероприятий по изучению и распространению в лесном хозяйстве научных и производственных достижений; обеспечение единого научно-образовательного процесса подготовки специалистов лесного комплекса; государственное управление на закрепленных участках государственного лесного фонда.

### 3.1.2 Естественно-географические условия

УУОЛ УГЛПУ находится в южной части Свердловской области. Протяженность лесхоза с севера на юг – около 25 км, с востока на запад – около 26 км. Леса лесхоза находятся в пределах квадрата 15x15 км. С центром оз. Песчаное.

По установленному лесорастительному и экономическому районированию лесов, лесной фонд УУОЛ расположен в зоне смешанных лесов. В схеме лесорастительного районирования, принятой в Свердловской области, лесхоз отнесен к южно-таежному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесной области.

Климатические условия территории лесхоза носят умеренно-континентальный характер с морозной зимой и относительно теплым летом.

Среднее количество осадков в год составляет около 565 мм, причем 65% их приходится на май-сентябрь. Из годовой суммы осадков в среднем на долю твердых осадков приходится 24,5%, жидких-65,2% смешанных(мокрый снег, снег с дождем)-11%.

#### Рельеф и почвы:

Лесной фонд лесхоза расположен в восточных предгорьях Уральского горного хребта. На территории лесхоза, рельеф может быть охарактеризован как увалисто-холмистый с широкими плоскими понижениями между увалами и холмами.

По составу на территории лесхоза преобладают суглинистые и реже супесчаные почвы со значительной примесью гранита во всех горизонтах.



Эти почвы сформировались на продуктах выветривания гранитов, на что указывают почвенные разрезы, где наблюдается постепенный переход в подстилающие горные породы. Мощность почв и гумусового горизонта зависит от положения местности. На горнолесных почвах произрастают насаждения типа леса сосняк лишайниково-брусничный. Этот тип почвы распространен незначительно, занимает вершины высоких холмов или крутые склоны преимущественно южной экспозиции.

В лесхозе есть распространение торфяно-болотные, торфянисто-болотные и торфянисто-подзолисто-глеевые почвы.

#### Гидрологические условия:

На территории лесхоза гидрологические условия обуславливаются ее расположением на восточном склоне у водораздела Уральского хребта. На вершинах гор, увалов и в верхних частях склонов грунтовые воды залегают на большой глубине. Нередко можно наблюдать выход грунтовых вод на склонах возвышенностей преимущественно в нижней части склона.

Уральский хребет является водоразделом двух больших речных систем-Тобода и Камы. Речная сеть на территории представлена довольно большим числом рек, представляющих собой водосбор реки Исеть. За водораздельной линией хребта все реки текут на запад в реку Чусовую-приток Камы являются частью водосборного бассейна реки Волга.

#### 3.1.3 Лесные участки

Месторасположение лесных участков имеет хорошо развитую сеть путей транспорта. В юго-восточной части территории УУОЛ проходят две железнодорожные магистрали, связывающие г. Екатеринбург с западными областями страны. В восточной части лесхоза, являясь на протяжении около 15 км его границей, проходит автомобильная дорога- Московский тракт, который соединен с пос. Северка. Большая часть заготовленной в предприятии древесины, а также готовые лесоматериалы вывозятся из УУОЛ

к местам потребления по этой дороге и Московскому тракту. Кроме этого имеются проезжие просеки.

Годовой объем заготовки древесины составляет 22 тыс. м<sup>3</sup>, из которых 19,8 хвойные и 2,2 лиственные, включая в себя следующие категории лесной продукции: Пиломатериалы - 15300 м<sup>3</sup>; Дрова - 1400 м<sup>3</sup>; Дрова технологические 1400 м<sup>3</sup>.

С 2007 года после введения нового Лесного Кодекса, лесопромышленная деятельность была практически прекращена, и возобновлена только в 2012 году. Постепенными рубками осваивается только 9,0 тыс. куб. м., что недостаточно для поддержания и сохранения производственной инфраструктуры лесхоза, поэтому перед Правительством области поставлен вопрос об увеличении объемов рубок до плановых 22,0 тыс. куб.м.



Пробная площадь

Верх-Исетский лесхоз

Рис.3.1 Фрагменты схемы паркового участкового лесничества  
УУОЛ УГЛТУ (пос.Северка)

### 3.2 Расчет производительности харвестера с учетом «проблемных» деревьев

#### 3.2.1 Описание экспериментального участка

Однако, несмотря на вылет манипулятора, в насаждениях присутствуют крупномерные деревья (диаметром > 60см), которые сложнее обрабатываются оператором харвестера и требуют затрат большего времени на обработку каждого дерева. Они составляют 1,07% насаждений.

#### 3.2.2 Массы и объемы стволов в коре дерева

Таблица 3.1

Характеристика насаждений экспериментального участка (кв.61, выд.16)

Диаметр	Диаметр на 1.3	Разряд высот	Объем ствола в коре, м <sup>3</sup>	Масса дерева
35	29	I	1,23	1033,20
30	34	I	0,86	722,40
43	34	I	1,84	1545,60
41	33	I	1,77	1486,80
37	32	I	1,42	1192,80
25	22	II	0,55	462,00
38	32	I	1,45	1218,00
32	26	II	0,91	764,40
35	29	I	1,23	1033,20
43	34	I	1,92	1612,80
38	32	I	1,45	1218,00
41	32	I	1,77	1486,80
36	28	I	1,29	1083,60
30	25	II	0,79	663,60
30	26	II	0,79	663,60
28	24	II	0,67	562,80
32	24	II	0,91	764,40
32	25	II	0,91	764,40
38	32	I	1,45	1218,00
35	29	I	1,23	1033,20
37	32	I	1,42	1192,80
35	29	I	1,23	1033,20
35	29	I	2,19	1839,60
46	37	I	0,34	285,60
21	18	III	1,14	957,60
34	30	I	1,92	1612,80
43	38	I	0,36	302,40
22	18	III	0,52	436,80
25	21	III		

37	29	I	1,42	1192,80
38	30	I	1,45	1218,00
44	34	I	1,99	1671,60
38	31	I	1,45	1218,00
41	33	I	1,77	1486,80
43	38	I	1,92	1612,80
41	33	I	1,77	1486,80
60	51	II	3,43	2881,20
35	30	I	1,23	1033,20
20	17	III	0,28	235,20
32	26	II	0,91	764,40
38	33	I	1,45	1218,00
36	31	I	1,29	1083,60
48	37	I	2,39	2007,60
47	40	I	2,31	1940,40
20	16	III	0,28	235,20
35	30	I	1,23	1033,20
31	27	I	0,94	789,60
32	26	II	0,91	764,40
40	34	I	1,62	1360,80
39	32	I	1,55	1302,00
29	23	II	0,77	646,80
32	28	I	0,99	831,60
32	26	II	0,91	764,40
38	33	I	1,45	1218,00
35	28	I	1,23	1033,20
36	27	I	1,29	1083,60
36	29	I	1,29	1083,60
31	25	II	0,86	722,40
42	34	I	1,80	1512,00
25	21	III	0,52	436,80
34	30	I	1,14	957,60
36	29	I	1,29	1083,60
34	26	II	1,04	873,60
34	29	I	1,14	957,60
34	29	I	1,29	1083,60
36	31	I	0,67	562,80
28	24	II	0,91	764,40
32	26	II	0,91	764,40
35	29	I	1,23	1033,20
49	37	I	2,57	2158,80
48	41	I	2,39	2007,60
48	41	I	0,99	831,60
32	29	I	0,99	831,60
32	28	I	0,99	831,60

40	35	I	1,62	1360,80
36	30	I	1,29	1083,60
40	33	I	1,62	1360,80
34	29	I	1,14	957,60
33	26	II	1,02	856,80
30	26	II	0,79	663,60
31	27	I	0,94	789,60
36	29	I	1,29	1083,60
33	28	I	1,11	932,40
37	31	I	1,42	1192,80
35	29	I	1,23	1033,20
38	32	I	1,45	1218,00
33	27	I	1,11	932,40
30	26	II	0,79	663,60
35	28	I	1,23	1033,20
36	30	I	1,29	1083,60
33	28	I	1,11	932,40
37	32	I	1,42	1192,80
31	28	I	0,94	789,60
31	26	II	0,86	722,40
20	17	III	0,28	235,20
39	32	I	1,55	1302,00
28	22	II	0,67	562,80
30	24	II	0,79	663,60
34	28	I	1,14	957,60
28	24	II	0,67	562,80
31	26	II	0,86	722,40

(светлым выделены проблемные деревья)

### 3.2.3 Классификация деревьев на участке и их влияние на производительности харвестера

Помимо здоровых деревьев, нередко лесозаготовительной технике во время работы встречаются и проблемные деревья. Деревья с искривленными стволами, наклоненные ветровалами или по другим причинам, с сухобокостью. На них оператор харвестера затрачивает гораздо больше времени, чем на нормальные (здоровые) деревьями, в связи с трудностью наведения харвестерного агрегата на дерево. Таких деревьев 13,4%.

## Характеристика насаждений Паркового

Диаметр	Кол. норм. дер.	%	Кол. пробл. дер.	%
17	5	0,44	0	0,00
18	13	1,15	0	0,00
19	6	0,53	0	0,00
20	32	2,83	1	0,61
21	28	2,48	0	0,00
22	26	2,30	0	0,00
23	24	2,12	0	0,00
24	29	2,56	0	0,00
25	34	3,01	0	0,00
26	34	3,01	0	0,00
27	36	3,18	0	0,00
28	55	4,86	4	2,42
29	32	2,83	1	0,61
30	47	4,16	3	1,82
31	32	2,83	0	0,00
32	73	6,45	7	4,24
33	35	3,09	3	1,82
34	64	5,66	9	5,45
35	43	3,80	7	4,24
36	66	5,84	10	6,06
37	30	2,65	3	1,82
38	43	3,80	6	3,64
39	30	2,65	6	3,64
40	33	2,92	7	4,24
41	28	2,48	13	7,88
42	63	5,57	9	5,45
43	17	1,50	6	3,64
44	36	3,18	6	3,64
45	15	1,33	6	3,64
46	31	2,74	11	6,67
47	12	1,06	1	0,61
48	18	1,59	12	7,27
49	8	0,71	6	3,64
50	13	1,15	6	3,64
51	8	0,71	1	0,61
52	7	0,62	4	2,42
53	3	0,27	3	1,82
54	10	0,88	2	1,21
55	0	0,00	1	0,61
56	2	0,18	4	2,42

57	1	0,09	0	0,00
58	0	0,00	2	1,21
59	0	0,00	2	1,21
60	3	0,27	2	1,21
62	2	0,18	0	0,00
63	1	0,09	0	0,00
64	1	0,09	1	0,61
66	2	0,18	0	0,00
<b>Сумма</b>	<b>1131</b>	<b>100</b>	<b>165</b>	<b>100</b>

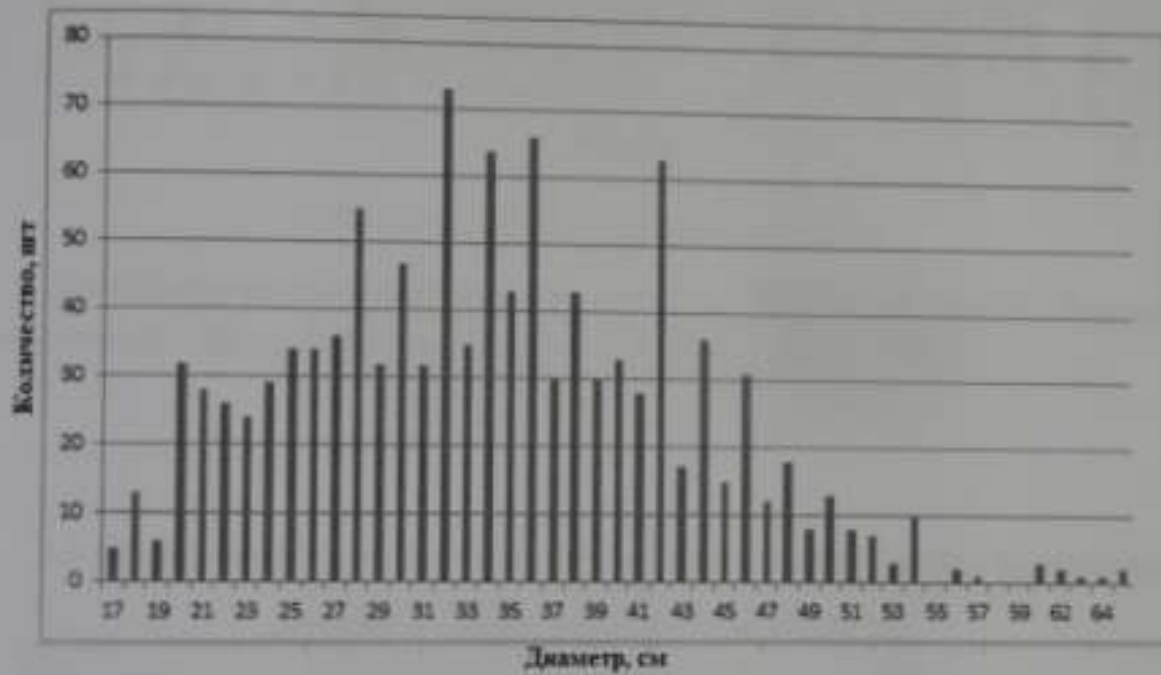


Рис.3.2 Гистограмма здоровых деревьев

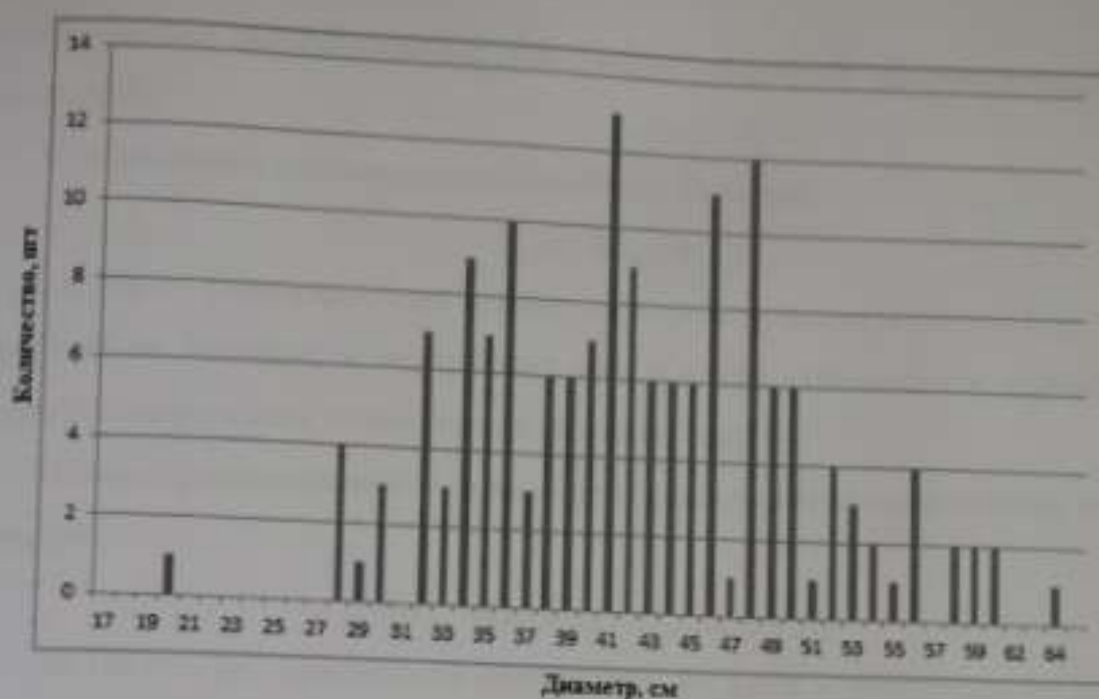


Рис.3.3 Гистограмма проблемных деревьев

Пробный участок имеет породный состав 9С1Л+С+Б, высоту деревьев - 25м, диаметр - 26см, площадь 8,3га, запас 249м<sup>3</sup>, возраст 110 лет.

### 3.3 Определение рационального вылета манипулятора харвестера с учетом коэффициента устойчивости

Важнейшим определяющим фактором эффективности использования лесозаготовительной машины на лесоразработках остается производительность [19].

Её увеличение возможно путем изменения конструктивных параметров и технологического оборудования (использование накопителей, повышение грузоподъемности) или снижения времени технологического цикла, которое может быть достигнуто увеличением скоростей рабочих органов [19].

Поднятие скоростей рабочих органов приводит к возникновению динамических нагрузок, которые при работе машины могут привести к потере устойчивости, тем более что машина в большинстве случаев работает на неровной рабочей поверхности. Потеря устойчивости приводит к



возникновению опрокидывания, тем самым снижается производительность машины[19].

Устойчивость машины определяется по формуле:

$$K_{уст} = M_{уд} / M_{оо}$$

где  $M_{уд}$  – удерживающий момент от опрокидывания машины, Нм;  $M_{оо}$  – момент от внешних и внутренних сил и весов стремящихся опрокинуть машину относительно точки опрокидывания, Нм[19].

Момент, удерживающий машину от опрокидывания определяется по формуле:

$$M_{уд} = G_{п.п}L_{п.п} + G_{ход}L_x \pm P_v h_v$$

где  $G_{п.п}$  – вес поворотной платформы, Н;  $L_{п.п}$  – расстояние от центра веса поворотной платформы до оси поворота, м;  $G_{ход}$  – вес ходовой рамы, Н;  $L_x$  – расстояние от центра веса ходовой рамы до оси поворота, м;  $\pm P_v$  – ветровая нагрузка, Н ( $\pm$  показывает что направление ветра может меняться и способствовать или оказывать сопротивление опрокидыванию);  $h_v$  – расстояние от точки приложения ветровой нагрузки до плоскости земли, м[19].

Момент опрокидывания относительно точки опрокидывания определяется по формуле:

$$M_{оо} = G_c L_c + G_{гп} L_{гп} + G_{ЗСУ} L_{ЗСУ} + G_d L_d \pm P_v h_v$$

где  $G_c$  – вес стрелы манипулятора, Н;  $L_c$  – расстояние от центра веса стрелы до оси поворота, м;  $G_{гп}$  – вес гидропривода манипулятора, Н;  $L_{гп}$  – расстояние от центра веса гидропривода до оси поворота, м;  $G_{ЗСУ}$  – вес захватно-срезающего устройства, Н;  $L_{ЗСУ}$  – расстояние от центра веса захватно-срезающего устройства до оси поворота, м;  $G_d$  – вес дерева, Н;  $L_d$  – расстояние от точки приложения веса дерева до оси поворота, м[19].

Для сравнения рассматривались харвестеры JohnDeer 1270G, JohnDeer 1470G, Komatsu 901, Komatsu 931, Komatsu 951, PonsseBear, PonsseBeaver, PonsseErgo8W[20, 21, 22].

## Коэффициенты устойчивости харвестеров

Вылет манипулятора	Харвестеры (марка; модель; масса, кг; манипулятор; харв.гол.)							
	John Deer 1270G 20650 кг; CH7; Waratah H414	John Deer 1470G 22900 кг; CH9; Waratah H480C	Komatsu 901 16850 кг; 200H; Komatsu S92	Komatsu 931 19600 кг; 230H; Komatsu S92	Komatsu 951 23600 кг; 270H; Komatsu 365.1	Ponsse Bear 27900 кг; C6; Ponsse H8	Ponsse Beaver 17100 кг; C2; Ponsse H6	Ponsse Ergo 8w 20500 кг; C5; Ponsse H7
10	1,02	1,11	0,91	1,06	1,05	1,18	0,90	1,11
9,5	1,05	1,15	0,94	1,09	1,08	1,22	0,93	1,14
9	1,09	1,19	0,97	1,13	1,12	1,25	0,97	1,18
8,5	1,13	1,23	1,01	1,17	1,16	1,29	1,00	1,22
8	1,17	1,27	1,05	1,22	1,19	1,34	1,04	1,26
7,5	1,21	1,31	1,09	1,27	1,24	1,39	1,08	1,31
7	1,26	1,36	1,13	1,32	1,29	1,44	1,12	1,36
6,5	1,31	1,41	1,18	1,37	1,34	1,49	1,16	1,41
6	1,37	1,47	1,23	1,43	1,40	1,56	1,21	1,47
5,5	1,43	1,53	1,30	1,50	1,45	1,62	1,30	1,54
5	1,49	1,60	1,40	1,57	1,51	1,69	1,40	1,61
4,5	1,57	1,68	1,42	1,65	1,58	1,77	1,40	1,68
4	1,65	1,76	1,49	1,74	1,66	1,86	1,46	1,76
3,5	1,74	1,85	1,58	1,84	1,74	1,95	1,54	1,86
3	1,84	1,94	1,67	1,95	1,83	2,05	1,63	1,96
2,5	1,95	2,05	1,78	2,07	1,94	2,17	1,73	2,07
2	2,07	2,18	1,90	2,21	2,05	2,29	1,84	2,20

Для расчетов коэффициентов устойчивости харвестеров применялся максимальный вылет манипулятора (10 м) и дерево диаметров свыше 60 см. Исходя из полученных результатов следует, что допустимый вылет для работы лесозаготовительной техники с крупными деревьями находится в районе 6 м.

### 3.4 Исследование влияния скорости движения манипулятора на производительность харвестера

Помимо вылета манипулятора на производительность оказывают влияние и скорости движения манипулятора.

Для этой цели был проведен активный эксперимент (изменяемый параметр скорости манипулятора) с привлечением студентов 1 курса групп Лид-13,15. Были проведены замеры затраченного времени на обработку обычных (рис.3.4) и крупных (рис.3.5) деревьев. На графике представлена работа 3 из них при линейных скоростях движения манипулятора 75%.

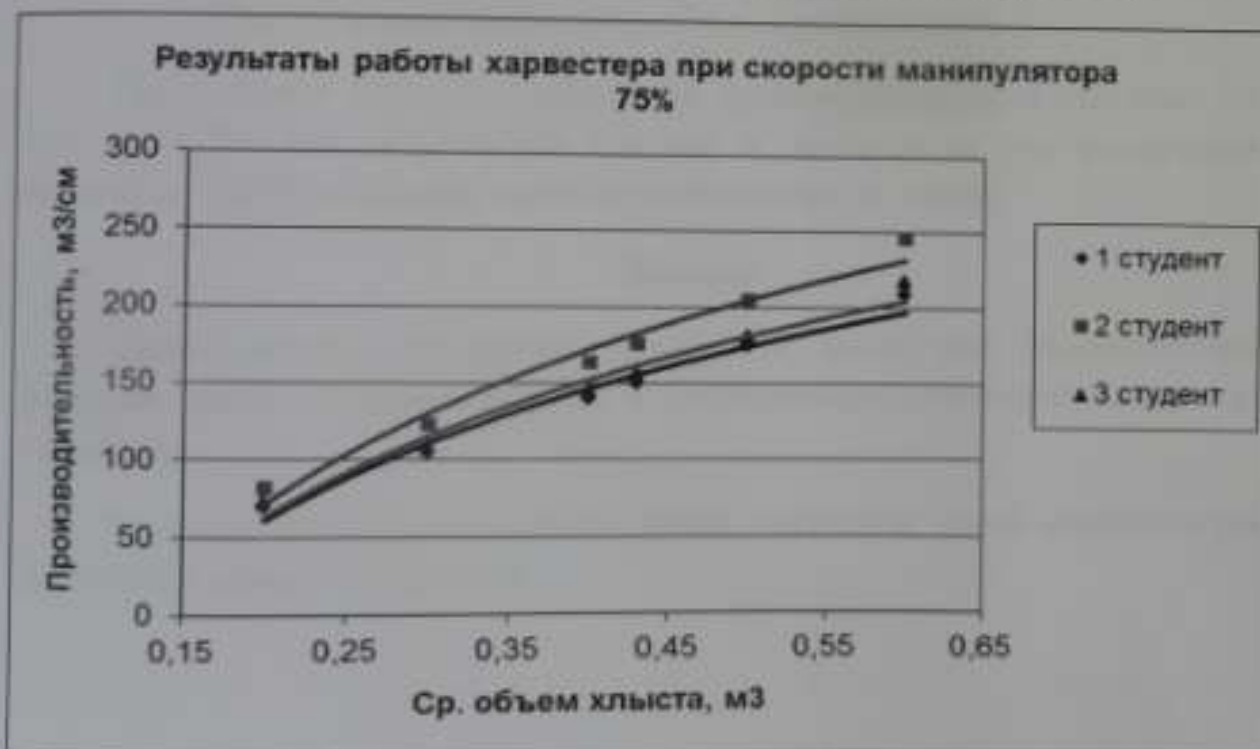


Рис.3.4 Диаграмма работы харвестера при 75% скорости движения манипулятора

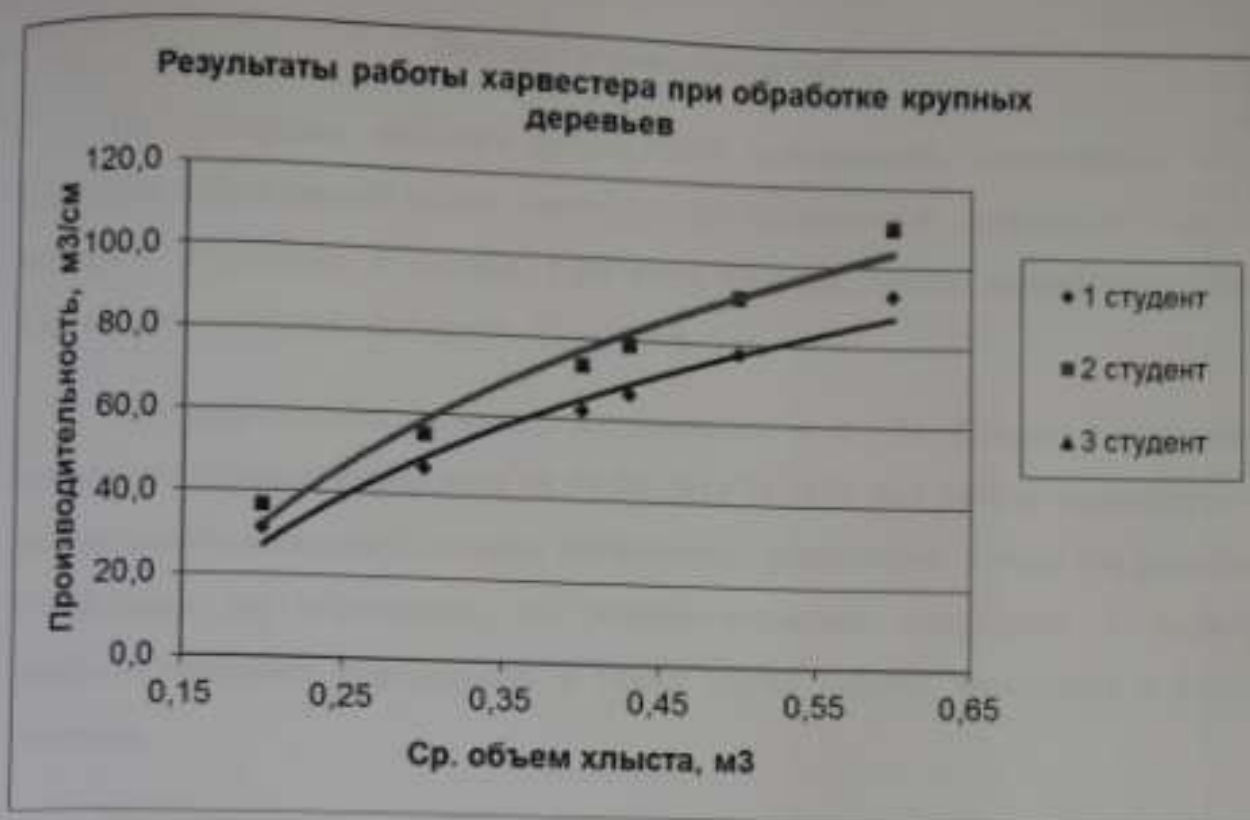


Рис.3.5 Диаграмма работы харвестера с крупными деревьями

При работе с крупными деревьями, производительность снизилась от 44,1 до 50,7%, что отражено на графике, в основном за счет увеличения времени на 52,3% наведения харвестерной головки на дерево.

### Выводы

Таким образом, на производительность, кроме уже перечисленных факторов, также оказывает влияние и квалификация оператора(машиниста) харвестера.

Реальная производительность ниже расчетной из-за особенностей древостоя и навыков оператора.

## Выводы и рекомендации

На основании выборки результатов наблюдений установлено, что наиболее эффективный вылет манипулятора находится в пределах от 4 до 7 метров и составляет 6 метров. При этом ширина пасеки разрабатываемая харвестером должна составлять 12 метров.

Для выполнения условий изложенных в п. 51 Правил заготовки древесины (Приказ Рослесхоза от 01.08.2011 N 337), при работе харвестера с эффективным вылетом 6 метров, могут быть предложены схемы его работы с заездами на полупасеки, со вспомогательным коридором, с двумя вспомогательными коридорами, а также схема работы харвестера в трех режимах.

Наличие с индивидуальными особенностями деревьев на лесосеки требует высокой квалификации оператора харвестера, т.к. при их обработке увеличивается время цикла. Результаты исследования времени цикла работы харвестера при заготовке крупномерных деревьев показали, что у неопытных операторов оно может увеличиться до 2,4 раз.

Помимо вылета манипулятора и наличие в насаждении деревьев с индивидуальными особенностями на производительность харвестер также оказывают влияние и скорости движения манипулятора. В ходе эксперимента были проведены замеры времени цикла на обработку деревьев, которое также находится в зависимости от квалификации оператора.

Поднятие скоростей рабочих органов приводит к возникновению динамических нагрузок и потере ее устойчивости. Потеря устойчивости приводит к возникновению опрокидывания, тем самым снижается производительность машины.

Исходя из полученных результатов следует, что допустимый вылет для работы лесозаготовительной техники с крупными деревьями находится в пределе до 6 м.

## Библиографический список

1. Лесной комбайн для заготовки сортиментов:  
<https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.sdmpress.ru%2Fonline%2F420132295.pdf&name=420132295.pdf&c=574f3ab75022>(дата обращения 12.01.18)
2. Азаренок В.А., Герц Э.Ф., Залесов С.В., Мехренцев А.В. Сортиментная заготовка древесины: учебное пособие/ В.А.Азаренок, Э.Ф. Герц, С.В. Залесов, А.В. Мехренцев.-Екатеринбург: Урал. гос.лесотехн.ун-т, 2015.-140с.
3. From Forestry Machines to SociotechnicalHybrids: Investigating the Use of Digitally EnabledForestry Machines, Daniel Nylén and JonnyHolmström, Umeå University, Department of Informatics, 901 87 Umeå,Sweden.
4. Патякин В.И. «Технология и машины лесосечных работ»; СПбГЛТУ, 2012. – 362 с.
5. Иванов В.В., Мурзич Е.А. О применимости системы лесосечных машин на базе харвардера в условиях УУОЛ УГЛТУ/ В.В. Иванов, Е.А. Мурзич // Молодой учёный. Международный научный журнал № 13 (117) Издательство «Молодой ученый», Казань, 2016, С. 168-172.
6. Дербин В.М., Дербин М.В. Сортиментная заготовка древесины при выборочных рубках // Лесн. журн. 2016. № 5. С. 123–131.
7. Азаренок В.А., Герц Э.Ф., Залесов С.В., Луганский Н.А. Сортиментная технология лесосечных работ при равномерно-постепенных рубках// Аграрный вестник Урала № 8 (100). 2012. С. 51-54.
8. Погудин Д.О., Якимович С.Б. Повышение коэффициента загрузки системы машин «Харвестер – Форвардер»// Инновации – основа целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности 2016. С. 106-111.

9. Мехренцев А.В., Беляйков Ф.Г., Полукаров М.В. Оценка влияния продолжительности рабочей смены оператора харвестера на производительность и состояние природной среды// Лесной вестник № 8 2007. С. 130-132.
10. Селиверстов А.А. Однозахватные харвестеры// Труды лесинженерного факультета ПетрГУ. 2005. С. 98-101.
11. Сюнев В.С., Селиверстов А.А. Обоснование и оценка компоновки харвестерных головок для выборочных рубок// Труды лесинженерного факультета ПетрГУ. 2008. С. 122-125.
12. Ворков А.А. Направление модернизации технологического оборудования лесозаготовительных машин// УГЛТУ, г. Ухта
13. Демчук А.В. Модернизация технологического оборудования харвестера для повышения эффективности вывозки сортиментов// Труды лесинженерного факультета ПетрГУ. 2011. С. 542-546.
14. Белодедова А.А., Сидорова М.В. Хронометражное исследование лесозаготовительных операций// Труды лесинженерного факультета ПетрГУ. 2012 С. 4-7.
15. Арико С.Е. Влияние вылета манипулятора на эффективность работы харвестера// Труды БГТУ № 2. 2001. С. 117-121.
16. Петерсон Я., Дреска А. Исследование влияния состава насаждения на производительность харвестера при проведении рубок ухода// Труды БГТУ. № 2. 2014. С. 45-47.
17. Герц Э.Ф., Мехренцев А.В., Якимович С.Б. Сравнительная оценка эффективности технологических схем работы систем машины «Харвестер-Форвардер» по критериям площади технологических коридоров и производительности// Лесной вестник 4/2012. С. 63-67

18. Редькин А.К., Якимович С.Б. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок : учебник для вузов / А.К. Редькин, С.Б. Якимович. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. 504 с.

19. Багаутдинов И.Н., Богданов Е.Н., Желонкин А.А., Жилин С.С. Повышение устойчивости лесозаготовительной машины манипуляторного типа путем использования активной ходовой рамы// Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии 210/2015С. 76-85

20. Манипуляторы CH7, CH9 URL: <https://www.deere.ru> (дата обращения 9.01.18)

21. Манипуляторы C5, C6, C2 URL: <https://www.ponsse.com> (дата обращения 9.01.18)

22. Манипуляторы 200H, 230H, 270H URL: <https://www.komatsuforest.ru> (дата обращения 9.01.18)



НАПРАВЛЕНИЕ НА РЕЦЕНЗИЮ

УВАЖАЕМЫЙ (АЯ) Анатолий Юрьевич

Направляем Вам на рецензию выпускную квалификационную работу выпускника  
Семин СС  
(фамилия, инициалы выпускника)

Вид работы: магистерская диссертация  
(дипл. проект, диплом работы, магистр. диссертация)

Тема: Исследование конструктивных параметров арбестера,  
выполненного на эрвудобывании его древесины

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе содержит  
9 страниц, графическая часть          листов.

Просим Вас представить рецензию не позднее «25» июня 2018 г.

Защита выпускной квалификационной работы назначена на «19» июня 2018 г.

Декан факультета



(подпись)

Брун ЗФ  
(фамилия, инициалы)

«27» июня 2018 г.

ОТЗЫВ РЕЦЕНЗЕНТА

на выпускную квалификационную работу выпускника

Семин СС

(фамилия, инициалы выпускника)

I. Оценка рецензента по основным критериям:

I.1. Актуальность темы, соответствие выпускной квалификационной работы заданию Актуальность темы магистерской работы заключается в исследовании вопросов повышения производительности лесохозяйственных мероприятий на эрвудобывании древесины от использования арбестера на эрвудобывании. Тема работы соответствует уровню и требованиям специальности и содержанию работы по направлению подготовки 58.03.02 «Технология лесного хозяйства» и удовлетворяет требованиям

1.2. Элементы новизны и оригинальности решений, практическая и научная ценность выпускной квалификационной работы Устройство системы и способ

взаимодействия элементов системы, способ управления устройством с помощью контроллера, способ выбора режима и алгоритма выбора параметров, способ управления параметрами системы, способ

1.3. Полнота освещения разделов выпускной квалификационной работы, в т.ч. экономического Устройство и способ управления, работа системы в

режиме и способ взаимодействия элементов системы, способ работы с управлением устройством, способ управления устройством, способ

1.4. Замечания по записке, расчетам и чертежам. (Грамотность изложения, соответствие записки и чертежей требованиям ЕСКД) Материал работы

изложен грамотно, расчеты выполнены с указанием формул, чертежи выполнены в соответствии с требованиями ЕСКД, а ссылки на рисунки в тексте выполнены корректно. Работа выполнена качественно.

2. Дополнительные замечания рецензента

1. Список работ включает более 20 источников литературы, включая статьи, диссертации и монографии, что является большим преимуществом работы.

2. В работе грамотно выделены и описаны соответствующие материалы.

3. Рекомендации по использованию выпускной квалификационной работы

Запрещается тиражировать материал работы без разрешения автора. Материал работы может использоваться в качестве базы для разработки курсовых и дипломных работ, а также для исследований в области автоматизации машин для соответствующих разделов.

4. Общий вывод рецензента

Выпускная квалификационная работа заслуживает хорошо оценки, автор её Савкин СС

(фамилия, инициалы)

присвоения квалификации инженер по приборостроению 25.04.05

5. Сведения о рецензенте:

Ф.И.О. Шаров Алексей Юрьевич

Должность доцент

Ученое звание доцент

Ученая степень к.т.н.

Место работы ФГБОУ ВО УГАТУ им. У.Г. Давыдова

«18» мая



Подпись рецензента

Шаров 22.06.18

*[Handwritten signature]*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о результатах проверки в системе «Антиплагиат.ВУЗ»  
выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе обучающегося

ФИО Сюткин Сергей Сергеевич  
Институт ИЛБИС  
Курс/Группа МЛИД-2  
Название работы Исследование конструктивных параметров харвестера,  
влияющих на эффективность его работы

оригинальный текст составляет 76,83 %.

Отчет об источниках и адресах ресурсов Интернет, источниках,  
находящихся во внутреннем хранилище письменных работ УГЛУ, с  
которыми были обнаружены совпадения фрагментов текста работы  
прилагается.

Ответственное лицо «Антиплагиат.ВУЗ»

*J. Ispandov*



Дата 19.06.19