Коршун Виктор Николаевич. Обоснование параметров роторных рабочих органов машин для измельчения опавших листьев : ил РГБ ОД 61:85-5/1129

**Содержание к диссертации**

Введение

**1. Состояние исслбщований и оптимального проектирования роторных измельчающих рабочих органов. постановка задачи исследований 9**

1.1. Краткий обзор конструкций роторных рабочих органов с шарнирноцрикрешгенными измельчающими элементами 9

1.2. Обзор исследований режимов функционирования измельчающих рабочих органов 15

1.3. Общий обзор исследований, посвященных оптимизации проектных параметров роторных рабочих органов 20

1.4. Постановка задачи исследований .22

**2. Разработка теоретжо-эк(жрименталшой модели функциони рования рабочих органов с жрнирнопржрешшнныш измельчающий элементами 24**

2.1. Исходные предпосылки и обоснование необходимости разработки модели 24

2.2. Исследования колебаний шарнирноприкрепленных измельчающих элементов . 27

2.3. Нагрузки и нагруженность измельчающих элементов рабочего органа 41

2.4. Оценка нагрузок измельчения. Анализ теоретико-экспериментальных исследований 47

2.5. Теоретико-экспериментальная модель функционирования рабочего органа как инструмент научных исследований. Структура и место в САПР 62

Выводы 69

**3. Методика и планирование эк(жриментальных исследований измельчакщих рабочих органов71**

3.1. Методика экспериментальных исследований функционирования измельчавдих рабочих органов 71

3.2. Анализ размерностей 85

3.3. Планирование исследований 90

3.4. Методика исследований колебаний измельчающих элементов 96

**4. Оценка взаимодействия роторных рабочих органов со специфическим предметом труда 107**

4.1. Опавшие листья как специфический предмет труда .107

4.2. Основные физико-механические свойства опавших листьев 108

4.3. Технологические свойства опавших листьев 117

4.4. Оценка качества измельчения растительного материала 121

4.5. Загрязненность и засоренность измельченных остатков. JE29

4.6. Оценка энергоемкости измельчения растительных остатков 133 Выводы. 141

**5. Оптимизация проектных параметров роторных измелъчащих рабочих органов 143**

5.1. Критерии эффективности создания измельчающих рабочих органов лесохозяйственных машин , 143

5.2. Выбор и конструирование целевой функции 146

5.3. Обоснование ограничений 151

5.4. Формализация задачи оптимизации 155

5.5. Алгоритм оптимизации 158

5.6. Анализ проектных решений 166

5.7. Эмпирическая оптимизация по критерию энергоемкости измельчения 168

Выводы 171

**6. Обоснование параметров рабочих органов машин для сбора и измельчения растительных остатков 172**

6.1. Машины для сбора растительных остатков Х73

6.2. Согласованность функционирования подбирающего и измельчающего рабочих органов 179

6.3. Основные параметры роторных рабочих органов 182

6.4. Технические рекомедцации по результатам исследовательских испытаний : 188

Выводы 196

Общие выводы и іжомещации 197

Литература

* [Обзор исследований режимов функционирования измельчающих рабочих органов](http://www.dslib.net/les-mashyny/obosnovanie-parametrov-rotornyh-rabochih-organov-mashin-dlja-izmelchenija-opavshih.html#2122511)
* [Исследования колебаний шарнирноприкрепленных измельчающих элементов](http://www.dslib.net/les-mashyny/obosnovanie-parametrov-rotornyh-rabochih-organov-mashin-dlja-izmelchenija-opavshih.html#2122512)
* [Методика исследований колебаний измельчающих элементов](http://www.dslib.net/les-mashyny/obosnovanie-parametrov-rotornyh-rabochih-organov-mashin-dlja-izmelchenija-opavshih.html#2122513)
* [Технологические свойства опавших листьев](http://www.dslib.net/les-mashyny/obosnovanie-parametrov-rotornyh-rabochih-organov-mashin-dlja-izmelchenija-opavshih.html#2122514)

**Введение к работе**

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981 - 1985 гг. и на период до 1990 г. ставится задача "... ускорения выпуска новых видов техники для механизации лесосечных работ, мелиоративного строительства и коммунального хозяйства" /I/. Научно-технический прогресс на современном этапе развития общества предъявляет повышенные требования к техническому уровню создаваемых машин и срокам их внедрения в производство. Вместе с тем усложнение конструкций разрабатываемых технических устройств ведет к увеличению времени, затрачиваемого на проектно-конструкторские работы и технологическое проектирование. Такое противоречие может быть разрешено только на базе научно-обоснованных методов исследования и оптимального проектирования с широким использованием ЭВМ.

Решениями ХХУІ съезда КПСС предусмотрено увеличить к 1985 г. площадь зеленых насаждений и довести ее до 3 млн.га. В связи с этим возрастут и затраты по уходу за зелеными насаждениями. Поставленная задача может быть решена как путем более эффективного использования имеющейся техники, оборудования и материалов на базе широкой механизации всех трудоемких процессов и уменьшения доли ручного труда, так и созданием и внедрением новых высокопроизводительных машин и прогрессивных технологий.

Проблема комплексного использования опавших листьев и других древесно-растительных остатков с учетом их народнохозяйственного и экологического значения решается по двум основным научным направлениям:

I. Использование собранных механизированным способом остат ков в качестве исходного сырьевого материала при производстве органических удобрений или кормов /2/;

2. Измельчение частей древесины, сучьев, листьев, лесного отпада и растений роторными рабочими органами мобильных машин и внесение мелкоизмельченной фитомассы в почву в виде органических удобрений /3/.

Технологический процесс сбора и измельчения растительных остатков в парках и лесопарках имеет свои особенности. Согласно требованиям агротехники недопустимо повреадение дернового слоя и травяного покрова газонов. Предъявленным требованиям отвечает раздельная компоновка подбирающего рабочего органа типа роторные грабли и измельчающего роторного рабочего органа.

Вопросы теории, конструкции и проектирования подбирающих рабочих органов отражены в литературе по сельскому хозяйству, поэтому в настоящей работе отражены лишь вопросы согласованности функционирования совместно с измельчающими рабочими органами и особенности предмета труда.

Роторный рабочий орган с шарнирноприкреплеиными измельчающими элементами является конструктивно сложным агрегатом многих сельско- и лесохозяйственных машин, выполняющим основную, наиболее энергоемкую технологическую операцию. Преимуществами данного рабочего органа являются простота изготовления, смены и заточки измельчающих элементов, их полная взаимозаменяемость. Оценить режимы функционирования со специфическим предметом труда, обосновать кинематико-конструктивные параметры такого рабочего органа на современном этапе технического развития можно только на основе теоретико-экспериглентальных исследований.

Вопросы оценки режимов функционирования роторных измельчающих рабочих органов при взаимодействии со специфическим предметом труда до настоящего времени не рассматривались.

Друтой круг вопросов, рассмотренных в .диссертации, касается формализации и решения задачи оптимального проектирования роторных рабочих органов. Выбран и обоснован стоимостной критерий эффективности. Получены выражения для целевой функции и ограничений по производительности, возникающим нагрузкам и режшлам работы. Проведена эмпирическая оптимизация по критерию энергоемкости измельчения.

Цель настоящей работы - разработка методов оптимального проектирования и оценки режимов функционирования роторных рабочих органов с шарнирноприкрепленными измельчающими элементами применительно к лесохозяйственным машинам для уборки и измельчения растительных остатков, а также обоснование рекомендаций по снижению стоимости изготовления при заданной производительности, энергоемкости при фиксированной степени измельчения, повышению качества функционирования рабочих органов.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Теоретико-экспериментальная модель оценки динамических нагрузок измельчения, возникающих на шарнирноприкрепленных измельчающих элементах рабочего органа.

2. Показатели оценки режимов функционирования роторных измельчающих рабочих органов.

3. Целевая функция и алгоритм поиска оптимальных проектных параметров роторных измельчающих рабочих органов.

4. Рекомендации по снижению стоимости изготовления рабочего органа при заданной производительности, энергоемкости при фиксированной степени измельчения.

5. Технические рекомендации, направленные на повышение качества уборки и измельчения растительных остатков и эксплуатационной надежности функционирования.

Основные результаты работы использованы при выполнении научно-исследовательских работ в ЛТА им.С.М.Кирова по созданию машины для уборки и измельчения опавших листьев (№ гос.регистр. 79076484 - 1980 г., 810064066 - 1981 - 1982 гг., 01.83.0033284 -1983 г.), проводимых по заказу Ленгорисполкома. В результате этих разработок создан и испытан опытный образец машины для уборки и измельчения листьев ЛУМ - І.П. По результатам испытаний разработаны технические решения, направленные на повышение качества уборки и измельчения, защищенные авторскими свидетельствами СССР J I0I5860, 1080788, 1077599, 1083964.

Результаты исследований реализованы в исходных требованиях к заявке Главзеленхоза Минкомхоза РСФСР на разработку и освоение оборудования для уборки листьев, на основании которой тема была включена в план НИР и ОКР Минкомхоза РСФСР на 1984 г. Серийное производство оборудования начнется с 1985 года.

Основные положения разработанной методики оптимального проектирования роторных измельчающих рабочих органов лесохозяйст-венных машин внедрены во Всесоюзном научно-исследовательском институте агролесомелиорации (ВНШШИ) и использованы при проектировании рабочих органов роторного плуга и корчевателя.

Следует отметить, что многие выводы и рекомендации, методики исследований, экспериментальная установка, постановка задачи оптимизации и алгоритм решения, рассмотренные в настоящей работе, могут быть применены при обосновании параметров роторных рабочих органов сельскохозяйственных и других машин.

## Обзор исследований режимов функционирования измельчающих рабочих органов

Теоретические основы исследований работы измельчителей сельскохозяйственных машин разработаны акад.В.П.Горячкиным /7/. Как показал В.П.Горячкин, с энергетической точки зрения наивыгоднейшим является резание со скольжением, а нормальное резание (рубка) считается нежелательным. В.А.Желиговский /12/ пришел к противоположному выводу: наименьшая удельная работа имеет место при рубящем действии лезвия. По его данным, по мере увеличения угла скольжения, удельная работа возрастает. Н.Е.Резник /6/ экспериментально установил, что оптимальным по критерию удельной работы является угол скольжения 25. Различие полученных авторами работ /7, 12, 13, 14/ выводов объясняется тем, что при их исследованиях не только не исключалось трение материала о фаску лезвия, но и сам процесс протекал при малых скоростях и при очень тонком слое измельчаемого материала.

В работах /6, 7, 8/ рассмотрены следующие формы линий лезвий измельчающих элементов: гиперболическая, логарифмическая и архимедова спирали, эксцентрическая окружность, развертка окружности, инверсия развертки, прямая линия, линии, подчиняющиеся различным законам. На практике форму линий лезвия выбирают на основе опытных данных, и поэтому зачастую она не подчиняется какой-либо геометрической кривой. Наибольшее распространение полу і a

Конструктивные схемы рабочих органов измельчителей фирмы: а - Лели (Англия); б - Нью Айдиа (США) чили прямолинейные измельчающие элементы. Это объясняется простотой их изготовления, монтажа и заточки. Однако ножи такой конструкции не обеспечивают равномерную нагрузку, как на отдельно взятый измельчающий элемент, так и измельчителя в целом.

Энергетические показатели режимов функционирования измельчающих рабочих органов являются определяющими. Качественные и количественные показатели процесса измельчения (степень измельчения, однородность, производительность) связаны с энергетическими показателями. Установлено /13/, что на привод измельчающих рабочих органов расходуется 70 - 80% всей мощности базового шасси, причем непроизводительные затраты мощности резко возрастают как на повышенных, так и на пониженных частотах вращения ротора. Б связи с этим основной задачей теоретических и экспериментальных исследований является снижение энергоемкости процесса измельчения. Вопросы энергоемкости измельчения рассмотрены в работах /6, 8, 15, 119, 125/. Тем не менее большинство исследований носят сугубо специфический и эмпирический характер и не содержат общего методологического подхода.

Скоростные характеристики режимов функционирования измельчающих рабочих органов имеют важное значение для обеспечения работоспособности при измельчении с инерционным подпором. Многие авторы предлагают оценивать такие режимы критической скоростью измельчения "Лр; при скоростях ниже "Ь кр аппараты рассматриваемого типа становятся неработоспособными. Обоснованию и исследованию 1/кр посвящен ряд научных работ /7, 16, 17, 18, 19/. В указанных работах дано обоснование икр в основном для стебельчатых кормов при существенной идеализации реального процесса измельчения. В свою очередь, приведенный экспериментальный материал имеет большое прикладное значение. Доказано, что с увеличением икр сопротивление измельчению уменьшается, а при расчете

Укр следует ориентироваться на измельчаемые частицы, обладающие наименьшей массой и жесткостью. Исследования колебаний шарнирно-прикрепленных измельчающих элементов приведены в работах /6, 8, 123/. Дано обоснование безрезонансных режимов, но без связи с нагрузками измельчения.

Результаты исследований нагрузок измельчения обычно используются для расчета сил, действующих на рабочие органы и на машину в целом, с целью сокращения энергозатрат, обоснования геометрических и кинематико-конструктивных параметров рабочего органа, определения прочности конструкции и ее элементов, выявления условий устойчивого функционирования /20/.

Существует два подхода к определению нагрузок измельчения: детерминированный и стохастический. Первый характерен тем, что при расчетах не учитывается случайная природа нагрузок и свойств предмета труда. Обычно определение нагрузок происходит по схеме:

1. Анализ сил и моментов, действующих на рабочие органы при их установившемся функционировании или в условном статическом положении;

2. Переход от статической схемы сил и моментов к динамическому взаимодействию рабочих органов со специфическим предметом труда /4, 6, 7, 8/.

При втором подходе используются методы статистической динамики на фоне богатого экспериментального материала /21, 22/.

## Исследования колебаний шарнирноприкрепленных измельчающих элементов

Создание измельчителей растительных материалов с рабочими органами роторного типа требует знания характеристик процесса измельчения, которые до настоящего времени не изучены. Поэтому принципиальное значение приобретает выдвижение рабочих гипотез. Б частности, анализ экспериментальных данных /46/ и литературных источников /22, 47/ позволяет выдвинуть гипотезу о стационарности рабочего органа как динамической системы и квазистационарности колебаний измельчающих элементов при установившемся режиме футшдаонирования измельчителя.

При изучении колебаний шарнирноприкрепленных измельчающих элементов достаточно исследовать отклонения этих элементов от нормали к оси ротора, т.е. изменение угла отклонения при работе во времени. При этом положение отдельно взятого измельчающего элемента вполне определяется заданием величины угла отклонения и частоты (утла) вращения самого ротора, а система ротор-элемент имеет две степени свободы. При выводе уравнений колебаний ротор с шарнирно закрепленными на нем измельчающими элементами рассматривается как регулярная циклическая система /48/. Основная идея вывода состоит в том, что составляется уравнение движения только одного типового элемента (ножа), выделенного из системы, и предполагается, что векторы состояния в характерных связях подобны.

Колебания измельчащих элементов возникают вследствие неравномерности нагрузки по окружности ротора, а также в связи с возмущениями, вносимыми в поток измельчаемого материала самими измельчающими органами. Задачей проектировщиков в этом случае является расчет собственной частоты колебаний измельчающих элементов и выбор такой их конструкции, чтобы исключить возмоншость резонанса при наименьшей массе.

Измельчающий элемент является в самом общем виде стержнем переменного сечения со свободным концом - второй конец элемента шарнирно прикреплен к ротору. Ось элемента является слабоизогнутой пространственной кривой, но при проектных расчетах можно с достаточной точностью считать, что она прямолинейна и перпендикулярна к оси вращения ротора. Поперечные относительно плоскости вращения перемещения измельчащих элементов не учитываются, а их деформации предполагаются несоизмеримо малыми по сравнению с деформациями растительного материала.

Рассмотрим механические колебания системы, изображенной на рис.2.I при случайном воздействии нагрузок. Воспользуемся принципом Даламбера, приравнивая нулю сумму моментов относительно точки крепления к ротору Qi . При этом примем следующие допущения и рабочие гипотезы:

1. Геометрические параметры измельчающих элементов идентичны. Элемент состоит из однородного материала ишеет одинаковое сечение по всей длине /45/.

2. Мощность, передаваемая от привода на ротор, равномерно распределяется между его измельчающими элементами /8, с.287/. Такая гипотеза правомочна при равномерной загрузке ротора.

3. Параметры ротора и его элементов как динамической системы стационарны. Моменты от сил инерции будут складываться из: - момента собственных колебаний измельчающего элемента -If , «.!) где I - момент инерции измельчающего элемента относительно пар-нира его крепления к ротору; - момента переносного движения (смещения центра масс изме льчающегоэлемента С в осевом направлении) -mgj.O -COS f ) , .(2.2) где 7) - масса измельчающего элемента; - .длина измельчающего элемента (от оси подвеса). Момент от сил тяжести определится по формуле гДе Я - ускорение силы тяжести.

## Методика исследований колебаний измельчающих элементов

Измельчающие элементы при встрече с частями измельчаемого материала в процессе функционирования рабочего органа, преодолевая сопротивление растительного материала разрушению, изменяют свою скорость. Масса измельчающих элементов велика (по сравнению с массами отдельных частиц измельченного материала), поэтому изменения их скоростей незначительны, но тем не менее измельчающие элементы помимо кругового .движения вокруг ротора совершают колебательные движения относительно осей шарнирного крепления. Такое явление в некоторых случаях оказывает значительное влияние на работоспособность роторных измельчителей, а также на нагружен-ность самих измельчающих элементов.

Е.Вирвелькером посредством скоростной киносъемки доказана соизмеримость времени колебаний измельчающего элемента с временем, необходимым для полного оборота ротора /123/. Ранее нами теоретически установлено: в процессе функционирования роторных рабочих органов измельчающие элементы совершают колебания относительно угла отклонения оси элемента от нормали к оси ротора, проходящей через шарнир крепления /45/. Даже если нагрузка измельчения на элементы отсутствует, то в силу аэродинамического сопротивления этот угол все же не равен нулю. Экспериментальные исследования колебаний измельчающих элементов проводятся в лабораторных условиях на установке, оснащенной необходимой измерительной и регистрирующей аппаратурой (см. п.3.1). Запись исследуемого процесса осуществляется при помощи осциллографа Н 115 (ТУ 25-04-306-79) при скоростях протяжки от 5 до 125 мм/с - на фототехнической бумаге с прямым почернением УФ-67-І35 (ТУ 6-17-633-79) и ртутной лампы ДРШ 100-2, а при скоростях протяжки от 10 до 180 мм/с - на осциллографной фотобумаге 135 х 120 чувствительностью 800 (ТУ 6-17-786-79) и лампы накаливания 0116,8-11,5; при скоростях от 180 до 500 мм/с - ртутной лампы. Визуально процесс наблюдается на экране зеркального барабана осциллографа.

На рис.3.15 показана принципиальная электрическая схема установки и аппаратуры для исследований колебаний измельчающих элементов: I - тензорезисторы, 2 - резистор настроечный, 3 - токосъемник (ТРА К 4), 4 - тензоусилитель (ТА-5 "Топаз"), 5 - тахогенератор (ТЭ-45), 6 - блок регулировочно-настроечный, 7 - по-тенциометричёские датчики угла отклонения, 8 - токосъемник (ТРА К 6), 9 - блок регулировочно-подстроечный и фильтрующий, 10 - датчик момента подачи измельчаемого материала, II - лампа сигнальная, 12 - блок настройки, 13 - устройство записи пуска привода, 14 - осциллограф, 15 - гальванометры (М 014-15000), 16 - блок питания (П 133), 17 - аккумуляторные батареи (24 В).

Отличительной особенностью экспериментов является установка датчиков угла отклонения измельчающих элементов. Датчик (рис.3.14) представляет состой непосредственно измельчающий элемент I, установленный на роторе 2 посредством шарнира 3, в отверстиях под оси качания элементов несущего диска 4 закреплены безинерционные для исследования колебаний измельчающих элементов потенциометры 5, поводок 6 которых посредством тяги 7 соединен с элементом І. В нейтральном положении поводок 6 удерживается пружиной 8. Особое внимание следует обращать на надежность креплений. Датчики устанавливаются по одному на несущем диске и по четыре по длине ротора. Такая установка датчиков существенного влияния на процесс функционирования рабочего органа не оказывает. Между состой датчики соединены по мостовой схеме и сбалансированы, вывод - по магистралям из медных трубок, проложенных вместо вынутых осей качания элементов, проходит через токосъемник (рис.3.15). Тип гальванометров выбирается подборкой по спектрам частот, наблюдаемых на зеркальном барабане осциллографа при работе установки. Тарировка датчиков производится при помощи нони-усного угломера.

Экспериментальные исследования проводились в 1982 - 1983 гг. в лаборатории по проблемам механизации лесозаготовок и лесного хозяйства ЛТА им.С.М.Кирова. Растительный материал, предназначенный к измельчению, собирался в парке академии в октябре (свежеопавшие) и в мае (частично перегнившие) и доводился до влажности 60$. Состав (проценты по массе): опавшие листья - 80, ветки деревьев (длиной до 60 мм и .диаметром до 3 мм) - 5, хвоя - 5, другие примеси - 5. Крупные трудноизмельчаемые предметы (масса свыше 0,1 кг) удалялись. Опавшие листья, собранные в октябре, разделялись по породному составу, который в среднем составлял: ЗК + 2Д + ІЯ + IT + 10. Эксперименты проводились с ивмельчающими элементами двух типов: без скоса лобовой грани, с лобовой гранью с фаской 45 градусов. Датчики располагались равномерно по длине ротора через 0,2 м. Масса одновременно загружаемой порции растительного материала составляла 6 кг.

## Технологические свойства опавших листьев

Режимы функционирования и динамика подборочных машин с подбирающими и измельчающими рабочими органами практически не изучены. Вопросы обоснования параметров рабочих органов требуют знания технологических свойств слоя листьев, которые в литературе освещены еще недостаточно /125/. Экспериментальные исследования плотности и влажности слоя, мощности (масса слоя в I м2), наличия примесей дают возможность определения производительности уборочных машин, а также учета входного воздействия измельчающих аппаратов. Доказано, что технологические свойства слоя колеблются в довольно широких пределах /81/. Однако этот факт при расчетах и конструировании, как правило, не учитывают /22/. Следует заметить, что технологические параметры растений и растительных остатков оцениваются главным образом экспериментальным путем.

В 1980 - 1983 гг. нами проводились исследования физико-механических и технологических свойств опавших листьев в слое в парках и культурных лесопосадках северо-западной зоны РСФСР /81/.

При экспериментальных исследованиях определялись следующие показатели: размеры листьев (средний диаметр), плотность слоя, насыпная плотность листьев, масса листьев, мощность слоя, толщина слоя, влажность.

Средний размер листьев (средний диаметр) определялся по формуле N ,min mQX I(di -hdc ) dCp = K p — j (4.9) /тіл где бі - минимальный размер (диаметр) і -го листа; 118 ,mox Ut - максимальный размер (без ножки) того же листа; К р- коэффициент формы, зависящий от породы; N - количество измеренных листьев. Для измерений выбиралась навеска листьев (5 кг), взятая случайным образом; число навесок из одного парка было не менее 10. Из каждой навески случайным образом выбиралось 100 листьев различных пород деревьев. Каждый лист накладывался на миллиметровую бумагу и обводился, определялись: площадь в гшг и два размера d min , max и 0 . Рассчитывалось процентное содержание листьев одной породы в навеске и коэффициент формы; определялась масса отдельных листьев /91/ Кср = Fa/Рл , (4.10) где га - площадь листа, апроксимированного эллипсом, FQ = J d І , FA- площадь листа (по миллиметровой бумаге).

Влажность листьев в слое определялась по известным методикам /90, 92/. Высушивание листьев проводилось при П0С в течение 6 часов в сушильном шкафу СУ-Р-2 (В 323, ПНР), точность взвешивания - 0,01 г.

Плотность листьев определялась по формуле YA = Mo/t (4.II) где Me - масса растительных остатков в I УГ (мощность слоя); - толщина слоя.

После замера толщины слоя на поверхность накладывалась металлическая квадратная рамка (I х I м) и внутри ее собирались все листья (в том числе выстригалась трава), собранные остатки взвешивались в корзине на пружинных весах. Одновременно составлялась агрономическая и ботаническая характеристика участка парка /90/. Эксперименты проводились в момент прохождения максимального листопада, листья предварительно не убирались.

Собранный статистический материал был обработан на ЭВМ по стандартным программам /65/, при этом определялись эмпирические моменты: математическое ожидание ГЛ , дисперсия (среднее квадра-тическое отклонение) Ъ (Ь) t коэффициент вариации V .

По критерию І) установлено, что размерные параметры листьев относятся к случайным величинам, имещим распределение близкое к нормальному. На основании априории об эргодичности случайных процессов, имеющих место при работе сельскохозяйственных уборочных машин, был проведен корреляционно-спектральный анализ мощности слоя опавших листьев по длине обработки.

Результаты исследований технологических свойств опавших листьев приведены в таблицах 4.2 и 4.3.

Анализ проведенных измерений показывает, что процесс уборки опавших листьев характеризуется значительными колебаниями и разбросом технологических свойств слоя листьев, а это существенно влияет на работоспособность машин. Следует отметить и колебания средних значений мощности слоя по длине (пути) обработки поверхности, причем дисперсия значений реализации процесса МД)илиМе(1) колеблется в пределах от 0,9 до 1,4 кг/м4 /81/. Из-за относительно небольшого числа измерений удалось выявить только одну периодическую составляющую в случайном процессе Мс (L), црИ ЭТОм наибольшее значение спектральной плотности приходится на 0,8 -1,0 м-1.