

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по аграрному
техническому образованию в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования по специальности
1-74 06 01 «Техническое обеспечение процессов
сельскохозяйственного производства»*

Минск
БГАТУ
2020

УДК 631.3(075)

ББК 40.72я7

М38

Авторы:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
сельскохозяйственных машин *В. П. Чеботарев* (разделы 1, 5, 6, приложения),
доктор технических наук, профессор, ректор *И. Н. Шило* (разделы 1, 5, приложения),
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры *Г. А. Радишевский* (раздел 3),
старший преподаватель *С. Р. Белый* (раздел 2),
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры *Г. Н. Портянко* (раздел 4),
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры *Н. П. Гурнович* (раздел 5),
кандидат технических наук, доцент кафедры *В. Н. Еднач* (раздел 6),
старший преподаватель *Д. Н. Бондаренко* (разделы 1, 6, приложения),
ассистент *Н. Ю. Мельникова* (раздел 1, приложения)

Рецензенты:

кафедра «Механизация растениеводства и практического обучения»
УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
(доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой *В. Р. Петровец*);
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник лаборатории обработки почвы и посева
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» *Л. Я. Стенук*

Машины и оборудование в растениеводстве. Курсовое проектирование :
М38 учебно-методическое пособие / В. П. Чеботарев [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2020. – 204 с.
ISBN 978-985-25-0054-8.

Содержит основные требования к оформлению курсовой работы, методические рекомендации по выполнению всех ее разделов, справочные материалы по параметрам сельскохозяйственных машин, пример расчета и оформления курсовой работы по дисциплине «Машины и оборудование в растениеводстве». Может также использоваться для дисциплины 1-36 12 01 «Проектирование сельскохозяйственной техники» и для подготовки магистрантов по специальности 1-74 80 05 «Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции».

Предназначено для студентов учреждений высшего образования.

УДК 631.3(075)

ББК 40.72я7

ISBN 978-985-25-0054-8

© БГАТУ, 2020

Содержание

Введение.....	5
1 Общие требования по выполнению курсовой работы.....	6
1.1 Цель, задачи и тематика курсовой работы.....	6
1.2 Требования к оформлению курсовых работ.....	7
1.2.1 Структура и обозначение проектной документации.....	7
1.2.2 Оформление структурных элементов пояснительной записки.....	9
1.2.3 Требования к оформлению курсовой работы, заключения и списка использованных источников.....	12
2 Определение основных параметров плуга в зависимости от эксплуатационных условий	17
2.1 Построение рабочей поверхности корпуса плуга.....	17
2.2 Размещение рабочих органов и колес на раме плуга.....	35
2.3 Определение усилия, необходимого для перевода плуга из рабочего в транспортное положение.....	40
3 Определение основных параметров и производительности зерноуборочного комбайна в зависимости от эксплуатационных условий.....	47
3.1 Определение пропускной способности соломотрясы и очистки.....	50
3.2 Определение параметров мотовила в зависимости от состояния убираемой массы.....	57
3.3 Анализ работы сегментно-пальцевого режущего аппарата с механизмом привода Шумахера.....	63
4 Определение основных параметров и производительности картофелеуборочных машин в зависимости от эксплуатационных условий.....	72
4.1 Анализ показателей технологического процесса картофелеуборочного комбайна.....	72
4.2 Определение параметров пассивного лемеха машины и ее производительности по пропускной способности элеваторов.....	74
4.3 Определение конструктивных параметров ротационных рабочих органов.....	79
4.4 Определение параметров ботвоудаляющих рабочих органов.....	86
5 Определение основных параметров и производительности кормоуборочного комбайна в зависимости от эксплуатационных условий.....	90
5.1 Определение пропускной способности рабочих органов и производительности кормоуборочного комбайна.....	90
5.2 Анализ работы сегментно-пальцевого режущего аппарата с различными механизмами привода.....	95
5.3 Расчет основных параметров питающего аппарата.....	102
5.4 Расчет параметров измельчающего аппарата.....	105
5.5 Расчет основных параметров ускорителя выброса массы и силосопровода.....	109
6 Определение основных параметров и производительности зерноочистительной машины в зависимости от эксплуатационных условий.....	111

6.1 Расчет размерных характеристик заданной партии семян с примесями.....	111
6.2 Определение конструктивно-кинематических параметров решетного блока.....	118
6.3 Выбор размеров решет и обоснование кинематического режима их работы.....	124
6.4 Определение конструктивных параметров пневматического аспирационного блока.....	127
6.5 Определение параметров и режимов работы триерного цилиндра.....	131
Список использованных источников.....	138
Приложения.....	141

Введение

Курсовая работа по дисциплине «Машины и оборудование в растениеводстве» является самостоятельной учебной работой студента, выполняемой под руководством квалифицированного преподавателя кафедры. Она направлена на систематизацию и закрепление знаний и умений, полученных в ходе изучения дисциплины, базируется на знаниях, полученных студентами при изучении конструкции и теории процессов сельскохозяйственных машин. В курсовой работе производится расчет и анализ основных параметров сельскохозяйственных машин и их рабочих органов. Основные требования по оформлению и защите курсовой работы приведены в разделе 1. Они соответствуют общим требованиям к организации проектирования и правилам оформления дипломных и курсовых работ, принятым в БГАТУ [1, 2]. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы приведены в разделах 2, 3, 4, 5, 6. Изложен порядок определения параметров рабочих органов сельскохозяйственной машины, ее пропускной способности и производительности. По тексту указываются рекомендации по оформлению графиков, схем и заключения. Наиболее сложные для восприятия студентами положения проиллюстрированы примерами. В приложениях к учебно-методическому пособию приведены сведения о параметрах современных сельскохозяйственных машин, справочная информация по коэффициентам и характеристикам, необходимым для расчетов. Эти сведения используются студентами при выборе прототипа, расчетах и анализе результатов. Курсовую работу каждый студент выполняет по индивидуальному заданию. Примеры заданий, расчета и оформления курсовой работы приведены в приложениях к учебно-методическому пособию.

1 Общие требования по выполнению курсовой работы

1.1 Цель, задачи и тематика курсовой работы

Курсовая работа – самостоятельная работа студента, представляющая собой решение учебной задачи. Курсовая работа может носить реферативный или исследовательский характер.

Цель курсовой работы – развитие у студентов навыков самостоятельной творческой работы, овладение современными методами расчетов и анализа показателей сельскохозяйственных машин, оптимизации их параметров, углубление знаний по дисциплине «Машины и оборудование в растениеводстве».

Основными задачами курсовой работы являются:

- освоение, углубление, обобщение, проверка теоретических знаний и практических навыков, полученных студентами в процессе обучения;
- решение актуальных задач в области эксплуатации и конструирования сельскохозяйственных машин, демонстрация умения анализировать проблемы, предлагать пути их решения, самостоятельно делать выводы;
- формирование умений использовать справочную литературу, нормативную и техническую документацию;
- формирование навыков оформления технических расчетов и документации.

Студенты выполняют курсовую работу в соответствии с индивидуальным заданием (приложение Ж) по одной из тем:

1. Определить основные параметры плуга в зависимости от эксплуатационных условий (далее тема 1, п. 2.1...2.3).
2. Определить основные параметры и производительность зерноуборочного комбайна в зависимости от эксплуатационных условий (далее тема 2, п. 3.1...3.3).
3. Определить основные параметры и производительность картофелеуборочной машины в зависимости от эксплуатационных условий (далее тема 3, п. 4.1...4.4).
4. Определить основные параметры и производительность кормоуборочного комбайна в зависимости от эксплуатационных условий (далее тема 4, п. 5.1...5.5).
5. Определить основные параметры и производительность зерноочистительной машины в зависимости от эксплуатационных условий (далее тема 5, п. 6.1...6.5).

Примеры заданий на курсовую работу приведены в приложениях. При формировании задания учитывается уровень развития сельскохозяйственной техники,

параметры комбайнов и сельскохозяйственных машин, рекомендуемых в качестве прототипов [3].

Пример выполнения и оформления курсовой работы по теме 1 приведен в приложении И. Оформление курсовой работы по темам 2, 3, 4, 5 производится аналогично с учетом специфики расчетов соответствующих сельскохозяйственных машин.

Темы курсовых работ должны быть разработаны и утверждены до начала семестра, в котором предусмотрено выполнение курсовой работы.

В задании на курсовую работу руководитель указывает тему, формирует исходные данные для выполнения расчетов, устанавливает объем пояснительной записки и графической части, график выполнения работы и сроки сдачи. Задание подписывается руководителем курсовой работы, студентом, датируется днем выдачи и утверждается заведующим кафедрой.

Задание по курсовой работе выдается студенту очной формы обучения в первые две недели после начала семестра, в котором она предусмотрена. Для студентов заочной формы обучения – на сессии, предшествующей семестру, в котором она предусмотрена учебным планом.

1.2 Требования к оформлению курсовых работ

1.2.1 Структура и обозначение проектной документации

Структура курсовой работы определяется учебной программой дисциплины.

В состав проектной документации по разрабатываемым курсовым работам входят:

- графические материалы (чертежи, таблицы, диаграммы и т. п.), наглядно представляющие выполненную работу и полученные результаты;
- пояснительная записка (ПЗ), содержащая исходные данные для проектирования, расчеты, пояснения, описания, таблицы, иллюстрации, список использованных источников.

Графические материалы. Состав и содержание графической части курсовой работы зависит от специфики и особенностей разрабатываемой темы и определяется заданием на данную работу.

Графические материалы курсовой работы выполняются в виде иллюстраций по тексту пояснительной записки или соответствующих приложений

с наименованиями и пояснительными данными (при необходимости), и представляются преимущественно в формате А4 или А3 [1, с. 41...42]. Конкретные рекомендации даются в разделах 2, 3, 4, 5, 6. При использовании листов белой бумаги обязательно нанесение масштабных сеток.

Пояснительная записка. Способ выполнения текстовых материалов – машинописный, с применением выводных печатающих устройств ЭВМ, в текстовом редакторе Word с использованием шрифта Times New Roman размером 14 pt (пунктов) с полуторным интервалом, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 12,5 мм.

Возможно выполнение текстового материала рукописным способом. Применяется шрифт с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм и расстоянием между строками 7...10 мм. Используются чернила или паста одного цвета.

Ориентировочный объем пояснительной записки курсовой работы 30...35 страниц машинописного текста на листах формата А4 (без приложений).

Пояснительная записка должна быть сброшюрованной в папку.

Структурно пояснительная записка состоит из следующих элементов (материалы приведены в порядке их расположения):

- титульный лист;
- задание;
- ведомость комплекта проектной документации;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- текст пояснительной записки с иллюстративным материалом, таблицами, графиками и т.п.;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Структура обозначения проектной документации курсовой работы, имеющей основную надпись:

$$X_1X_2.X_3X_4.X_5X_6X_7.X_8X_9.X_{10}X_{11}X_{12} \text{ АБ,}$$

где X_1X_2 – индекс работы (03 – курсовая работа);

X_3X_4 – индекс кафедры;

$X_5X_6X_7$ – три последние цифры зачетной книжки или номер варианта задания;

АБ – шифр документа.

Например: ПЗ – пояснительная записка; ПД – ведомость проектной документации; ТБ – таблица; Д – прочие документы, не имеющие установленного шифра [1, с.16].

Индекс кафедры, например: основы научных исследований и проектирования – 13; теоретической механики и теории механизмов и машин – 38; технологий и механизации животноводства – 44; тракторов и автомобилей – 55; сельскохозяйственных машин – 56; эксплуатации машинно-тракторного парка – 59 [1, с. 16...17].

Пример обозначения документов курсовой работы: 03.56.125.00.000 ПЗ – пояснительная записка (ПЗ) курсовой работы (03), выполненной на кафедре «Сельскохозяйственные машины» (56) студентом, три последние цифры зачетной книжки которого 125.

1.2.2 Оформление структурных элементов пояснительной записки

Титульный лист является первой страницей расчетно-пояснительной записки. Выполняется на бланке установленной формы. На титульном листе рамки не выполняются, штамп основной надписи не приводят [1, приложение И].

Задание на проектирование является главным руководством, на основании которого разрабатывается работа. Задание выполняется на бланке установленного образца, который выдается руководителем курсовой работы. Задание утверждается заведующим кафедрой. При получении задания студент ставит свою подпись на нем.

Форма задания на курсовую работу приведены в [1, приложение А].

Реферат – это краткая характеристика выполненной проектной работы, предназначенная для предварительного ознакомления с проектом и отражающая основное содержание работы с точки зрения ее достоинств и достижения цели, поставленной в теме работы.

Текст реферата пишется на стандартном листе, оформленном рамкой. Основную надпись на данном листе не помещают. Номер страницы не проставляют.

Заголовок «Реферат» пишется с прописной буквы и располагается на отдельной строке симметрично тексту. Объем реферата – не более одной страницы. Вначале указывают объем проектной документации: перечисляют общий объем текстовых материалов с выделением, в том числе иллюстраций (эскизов, рисунков, таблиц и т.п.); указывают объем графической части работы, количество использованных источников. Далее приводят ключевые слова. Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста пояснительной записки,

которые в наибольшей степени характеризуют содержание. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и записываются строчными буквами в строку через запятые после слов «Ключевые слова». Затем дают краткое содержание работы, отражающее цель работы, методы разработки, принятые решения, приводят итоговые результаты и основные показатели, указывают возможности внедрения основных результатов работы. Образец реферата приведен в [1, приложение Л].

Содержание предназначено для облегчения поиска необходимых материалов при чтении записки, а также для общего ознакомления с работой и представления об объемах всех разделов. Содержание начинает текстовую часть пояснительной записки. Его размещают сразу после листа реферата с новой страницы и при необходимости продолжают на последующих листах. Слово «Содержание» пишут с прописной буквы посередине страницы. В содержании приводят порядковые номера и наименования разделов, подразделов и пунктов, имеющих наименование, а также приложения с их обозначениями и наименованиями. Указывается номер листа (страницы), на котором размещено начало материала (раздела, подраздела и т. п.). На первой странице содержания приводят основную надпись по форме, соответствующей основной надписи первого листа текстового материала. Пример оформления содержания приведен в [1, приложение М].

Введение отражает основные задачи, вытекающие из общих направлений развития сельского хозяйства Республики Беларусь, характеризует состояние вопроса, которому посвящена курсовая работа. Во введении необходимо обосновать актуальность курсовой работы, указать цель и задачи проектирования. При необходимости дать пояснения, какие особенности имеет представленная курсовая работа по содержанию и методу выполнения в сравнении с рекомендованными.

Текст пояснительной записки. Содержание разделов, подразделов и пунктов пояснительной записки определяется заданием на проектирование.

Слова в названии разделов, подразделов и пунктов не переносятся.

Разделам присваивают порядковые номера, которые обозначают арабскими цифрами без точки и записывают с абзацного отступа полужирным шрифтом строчными буквами с первой прописной.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Название подраздела пишется с абзацного отступа полужирным шрифтом строчными буквами с первой прописной.

Нумерация пунктов обычно не выполняется. При необходимости нумерации пунктов номер его состоит из номера раздела, номера подраздела и номера

пункта, разделенных точками. В конце номера пункта точка не ставится. Название пункта пишется с абзацного отступа строчными буквами с первой прописной.

Заголовки подразделов (пунктов) не должны повторять содержание заголовков разделов (подразделов).

Заголовок записывается с прописной буквы. Точка в конце не ставится. Заголовки не подчеркиваются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом равно 3 интервалам при выполнении машинописным способом. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала при выполнении машинописным способом.

Каждый раздел пояснительной записки следует начинать с новой страницы.

Изложение текста пояснительной записки осуществляется в соответствии с [1, с. 31...34].

Заключение должно отражать основные результаты работы, выводы и предложения.

Список использованных источников. Основой для списка использованных источников служат библиографические записи на книги, статьи из сборников, журналов и другие материалы, использованные при выполнении курсовой работы.

Все библиографические записи в списке используемых источников составляют по определенным правилам в соответствии с ГОСТ 7.1–2003.

Список использованных источников формируется либо в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки, либо в алфавитном порядке фамилий первых авторов и (или) заглавий.

Как правило, используется алфавитный способ группировки материала в списках. В начале списка размещаются по алфавиту книги, а затем – статьи из журналов и сборников. При этом иностранные источники размещают по алфавиту после перечня всех источников на языке выполняемой работы.

Библиографический указатель использованной при выполнении литературы дается на отдельной странице (страницах) под заголовком «Список использованных источников». Заголовок порядкового номера не имеет.

В список включают только те источники, на которые в тексте ПЗ имеется ссылка. Каждый источник, включенный в список, нумеруют арабскими цифрами с точкой и записывают с новой строки.

Примеры записи литературных источников приведены в [1, приложение Н].

Приложения. Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т. д.

Приложения оформляют как продолжение записки на последующих ее листах. В тексте записки на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте записки.

Допускается оформлять приложения на листах формата А4, А3, А4×3, А4×4, А2 и А1 по ГОСТ 2.301.

Все приложения (при их наличии) должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

1.2.3 Требования к оформлению курсовой работы, заключения и списка использованных источников

Оформление листов пояснительной записки. Текстовые материалы пояснительной записки выполняются на листах белой машинописной бумаги, оформленных рамками в соответствии с рисунком 1.1.

На листах формата А4 основная надпись располагается вдоль короткой стороны листа. Формы основных надписей выполняются в соответствии с ГОСТ 2.104 и приведены на рисунках 1.2, 1.3:

- форма рисунка 1.2 – для первого листа пояснительной записки, с которого начинается изложение текстовой части;
- форма рисунка 1.3 – для последующих листов пояснительной записки.

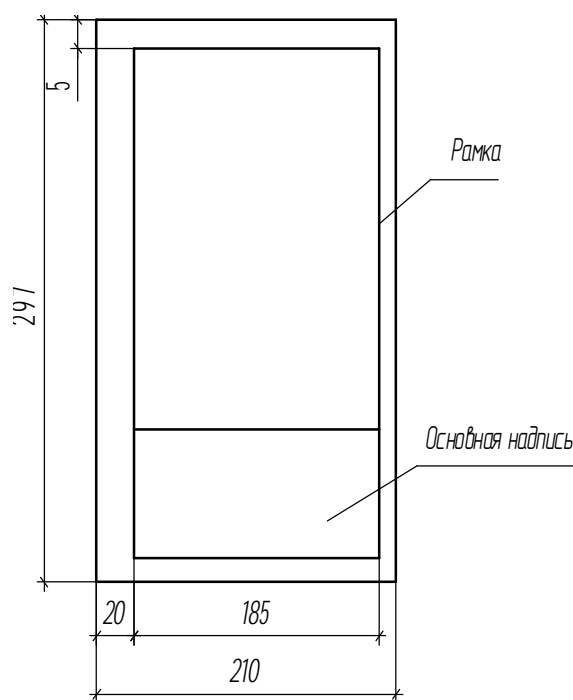


Рисунок 1.1 – Компоновка и размеры листа текстовой части пояснительной записки

Указания о заполнении основной надписи. В графах основной надписи (на рисунках 1.2 и 1.3 номера граф показаны в скобках) указывают:

- в графе 1 – наименование документа, если этому документу присвоен код (например, для курсовой работы по теме 1: Определить основные параметры плуга в зависимости от эксплуатационных условий. Пояснительная записка);
- в графе 2 – обозначение документа (шифр);
- в графе 4 – литеру документа (в учебных работах У);
- в графе 7 – порядковый номер листа (для одного листа графа не заполняется);
- в графе 8 – общее количество листов документа;
- в графе 9 – наименование организации и номер учебной группы студента, выпускающего документ (БГАТУ, гр. 47 м);

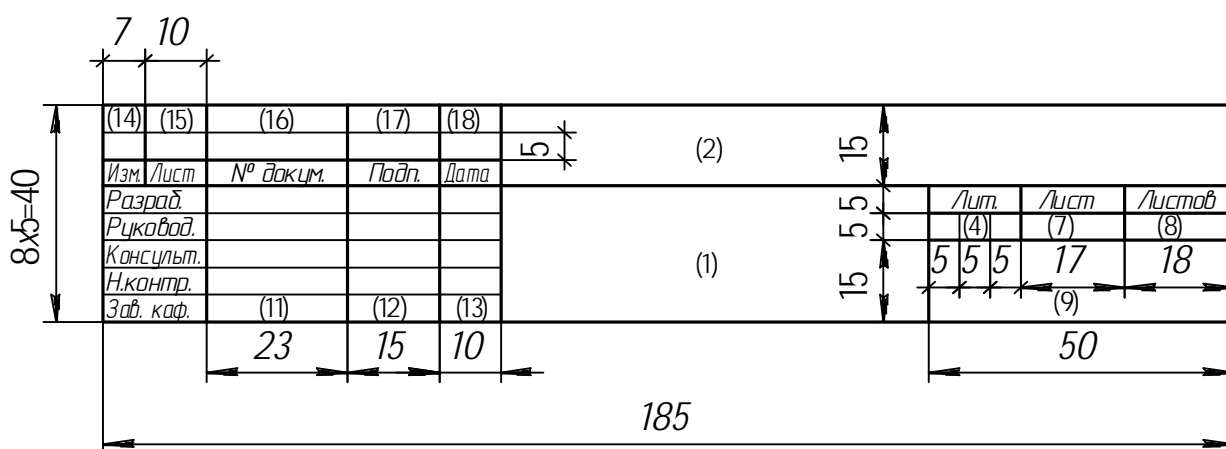


Рисунок 1.2 – Форма основной надписи, которая применяется для листа пояснительной записки, с которой начинается изложение текстовой части (обычно лист «Содержание»)

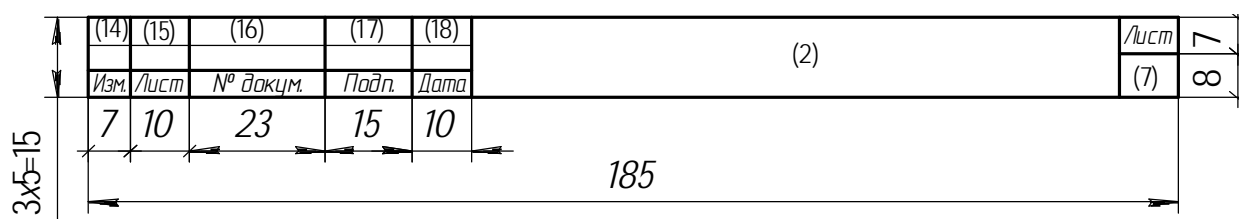


Рисунок 1.3 – Форма основной надписи, которая применяется для последующих листов пояснительной записки

- в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ: «разработал» (студент); в следующей строке – «руководитель», далее – «консультант», «нормоконтролер», «зав. кафедрой»;
- в графе 11 – фамилии лиц, подписывающих документ: студента, руководителя, консультанта, нормоконтролера, зав. кафедрой;

– в графе 12 – подписи;

– в графе 13 – даты.

Графы 14–18 в курсовых работах не заполняются.

Листы записки имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Титульному листу, заданию на проектирование, реферату номера присваивают, но не проставляют. Номера страниц начинают проставлять с листа «Содержание».

Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы и т. п.), расположенные на отдельных листах записки, включают в общую нумерацию страниц. При этом лист, формат которого больше формата А4, учитывают как одну страницу.

Размещение текста на поле листа в соответствии с [1, с. 28...29].

Оформление формул. В пояснительной записке математические формулы могут располагаться внутри текста или отдельными строками. Внутри текста помещают несложные и не дробные формулы. Такие формулы, как правило, не нумеруют.

На отдельных строках приводят более сложные формулы, которые обычно сопровождаются пояснениями примененных символов. При этом выше и ниже формулы необходимо оставлять по одной свободной от записи строке. Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой. Если формула не умещается в одну строку, то делается перенос. Переносить формулу на следующую строку допускается только на знаках выполнения операций: плюс (+), минус (–), умножение (\times) или на знаках равенства (=), неравенства (\neq), знаках соотношений и т.п. При переносах формул знак операции, на котором выполняется перенос, проставляется дважды: в конце первой строки и в начале следующей строки.

Все формулы, помещенные в тексте пояснительной записки, нумеруют арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа от нее в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него. Обозначение единиц измерения физических величин в каждом пояснении следует отделять запятой от текста пояснения. Расшифровку буквенного символа производят один раз при первом его использовании в тексте или формуле.

При написании формул следует соблюдать пунктуацию и орфографию математического предложения. В формулах точка как знак умножения перед буквенным символом после скобки и перед скобкой не ставится.

Оформление таблиц. Название таблицы должно отражать содержание таблицы, быть точным, кратким. Название следует размещать над таблицей после слова «Таблица». При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы. Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. *Пример:* «Таблица 1», или «Таблица 1.1», или «Таблица А.1», если она приведена в приложении А. На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте. При ссылке необходимо писать слово «таблица» с указанием ее номера. Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рисунком 1.4. Название таблицы выравниваются по ширине без отступа. Шрифт названия таблицы и текста внутри таблицы уменьшить на 2 пт по сравнению с основным текстом пояснительной записки. Заголовки граф и строк в таблице следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение.

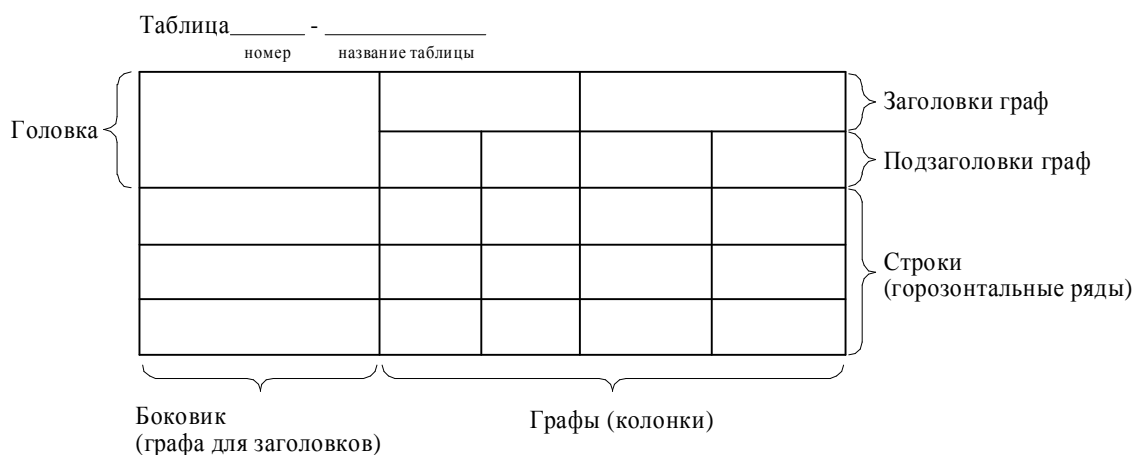


Рисунок 1.4 – Оформление таблицы

В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Требования к заполнению таблиц приведены в [1, с. 36...41].

Оформление иллюстраций. Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть выполнены на белой бумаге, «миллиметровке», ватмане и т.п. На листах белой бумаги обязательно нанесение масштабных сеток. При использовании в качестве иллюстраций записи самопишущих приборов бумажная лента наклеивается на лист записки. Конкретные рекомендации даются по тексту пособия.

Иллюстрации именуются (обозначаются) словом «Рисунок» и нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией, даже если в тексте приводится только одна иллюстрация. Слово «Рисунок» с номером помещают под иллюстрацией. При размещении материалов в приложениях последним присваиваются буквенные номера с соответствующими наименованиями. При большом количестве иллюстраций допускается нумеровать их в пределах раздела. В этом случае указываются номера раздела и рисунка в пределах данного раздела, разделенные точкой. При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации, «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела. Иллюстрации должны иметь наименование, которое записывается под иллюстрацией с обозначением. Например, «Рисунок 1 – Расчетная схема плуга». Слово «Рисунок» и название рисунка выравниваются по центру и пишутся шрифтом на 2 пт меньше, чем текст основной записки. Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на этой иллюстрации должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые размещают в возрастающей последовательности слева направо. Листы, на которых помещены иллюстрации, включают в общую нумерацию листов записки.

Оформление заключения. В заключении обобщаются основные результаты, полученные при выполнении курсовой работы. Информация основывается на данных промежуточных и итоговых анализов. Приводятся сведения о технических параметрах рассчитанных машин. Сравняются параметры разработанного варианта и прототипа.

Рекомендуемый объем заключения – около одной страницы машинописного текста.

Оформление списка использованных источников. В списке использованных источников приводится перечень тех пособий, справочников, учебников, которые использовались при выполнении курсовой работы и на которые в тексте пояснительной записки есть ссылки. Оформление – в соответствии с рекомендациями, принятыми в БГАТУ [1].

2 Определение основных параметров плуга в зависимости от эксплуатационных условий

Курсовая работа выполняется по исходным данным в соответствии с заданием. Объем графической части работы до 2 листов формата А1 и 25...35 страниц печатного текста расчетно-пояснительной записки.

Графическая часть курсовой работы. На первом листе вычерчивается:

- лемешно-отвальная поверхность в трех проекциях в масштабе 1:2 или 1:2,5;
- направляющая кривая;
- график изменения углов γ по высоте;
- шаблоны и развертка лемешно-отвальной поверхности.

На втором листе – схема плуга в двух проекциях.

На третьем листе – схема для определения усилия в штоке силового гидроцилиндра при четырех положениях плуга (полная глубина пахоты – a ; на $0,5a$ глубины пахоты; на поверхности почвы и в транспортном положении).

2.1 Построение рабочей поверхности корпуса плуга

Проектирование следует начать с построения профиля борозды и поперечно-вертикальной проекции (лобового контура) отвала [4–6]. Профиль борозды определяется размерами сечения пласта, т. е. глубиной пахоты a и шириной захвата корпуса

$$b = ka, \quad (2.1)$$

где k – коэффициент пропорциональности между шириной захвата корпуса и глубиной пахоты.

Построение профиля борозды и контура отвального пласта почвы.

Определяем ширину захвата корпуса плуга b , обеспечивающую устойчивое положение отвального пласта почвы.

Для построения профиля борозды принять за основание линию дна борозды и отметить на ней точку B (рисунок 2.1), соответствующую проекции носка лемеха в поперечно-вертикальной плоскости. Из этой точки радиусом $r_1 = a$ сделать засечки на вертикали и горизонтали и отложить отрезки $BC = BD_0 = a$. Через точку C провести параллельно дну борозды линию $C''C$, характеризующую поверхность поля. Из точки D_0 радиусом $r_2 = b$ отметить на линии $C''C$ точку C' и через

точки C' и D_0 провести линию $B'D_0$, которая характеризует положение верхней грани отваленного пласта и угол наклона его ко дну борозды. Угол наклона пласта должен соответствовать зависимости

$$\sin \delta = \frac{1}{k}, \quad (2.2)$$

где δ – угол наклона отваленного пласта ко дну борозды.

Из уравнения 2.2 следует, что угол наклона пласта

$$\delta = \arcsin \frac{1}{k}. \quad (2.3)$$

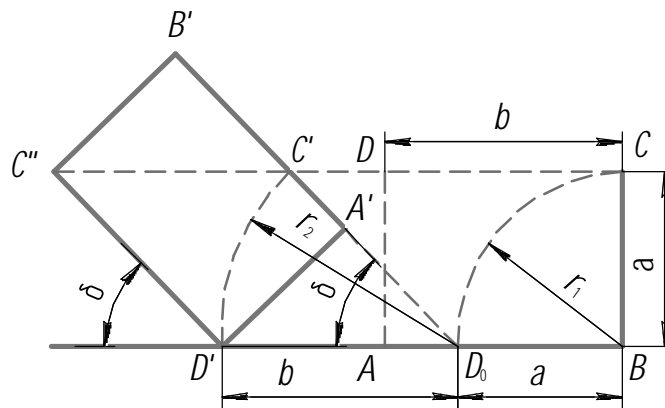


Рисунок 2.1 – Построение поперечного профиля борозды

Для построения контура отваленного пласта необходимо из точки D_0 дугой $r_2 = b$ на линии дна борозды отметить точку D' . Из нее провести перпендикуляр $D'A'$ к линии $B'D_0$ и далее из точки D' провести линию $D'C''$ параллельно $C'D_0$, а из точки C'' линии $C''B' = a$ – перпендикуляр $C''B'$ на продолжение линии $C'D_0$. Полученный контур $CBAD$ представляет поперечный профиль борозды, а контур $D'A'B'C''$ – поперечное сечение отваленного пласта.

Построение проекции отвала на поперечно-вертикальную плоскость (лобовой контур) выполняется в следующей последовательности. Нижний обрез, совпадающий с линией дна борозды, представляет проекцию лезвия лемеха на поперечно-вертикальную плоскость. Для его построения (рисунок 2.2) необходимо отложить от точки B на линии дна борозды отрезок, равный $b + \Delta b$, где b – ширина захвата корпуса, а Δb – перекрытие корпуса, которое принимается равным 25 мм (точки A и A_1). Для построения полевого обреза на поперечно-вертикальной проекции необходимо определить положение верхней точки p

и соединить ее прямой линией с точкой B носка лемеха. Положение верхней точки полевого обреза (высота H) определяется из выражения $H = b + \Delta H$. Численное значение ΔH зависит от глубины пахоты (при $a < 12$ см $\Delta H = 20 \dots 30$ мм; при $a = 12 \dots 19$ см $\Delta H = 10 \dots 20$ мм; при $a \geq 20$ см $\Delta H = 0$).

Отклонение точки p полевого обреза от вертикали в сторону вспаханного поля следует принимать равным $5 \dots 10$ мм.

Бороздной обрез (правый по ходу плуга) – линия dK – располагается параллельно верхней грани отваленного пласта.

Построение его выполняется в следующей последовательности (рисунок 2.2). На профиле борозды пунктиром отмечаем положение отваленного пласта увеличенной глубины ($a_1 = a + 25$ мм). Построение контура поперечного сечения отваленного пласта увеличенной глубины производится по методике, описанной на с. 18...19, рисунок 2.1 данного пособия. На середине верхней грани увеличенного пласта отмечаем точку d и через нее проводим контурную линию правого обреза dK параллельно верхней грани $A'B'$ пласта с размерами ab .

Высота m расположения линии стыка лемеха с отвалом (положение точки K) над опорной плоскостью зависит от ширины t лемешной стали и угла установки лемеха ко дну борозды ε :

$$m = t \sin \varepsilon . \quad (2.4)$$

Для изготовления лемехов сталь поставляется в виде полосы из стали Л53 или Л65 постоянного и переменного профиля. При этом ширину лемеха t рекомендуется принимать для корпусов с шириной захвата $b \leq 30$ см, $t = 122$ мм; с шириной захвата $b > 30$ см, $t = 142$ мм.

Для тракторных плугов общего назначения предусматривается криволинейное очертание верхнего обреза, построение которого выполняется следующим образом:

– определяется высота расположения высшей точки верхнего обреза (H_{\max}) из выражения

$$H_{\max} = \sqrt{a^2 + b^2} \pm \Delta H_1, \quad (2.5)$$

где $\Delta H_1 = 0 \dots 20$ мм (принимается с «плюсом» $+\Delta H_1$ при пахоте на глубину $a < 15$ см и с «минусом» $-\Delta H_1$ при $a \geq 15$ см);

– через точку A лезвия лемеха проводится вертикальная линия, на которой откладывается отрезок, равный H_{\max} , и отмечается положение высшей точки верхнего обреза отвала q .

Высшую точку верхнего обреза q пунктиром необходимо соединить с верхней точкой полевого обреза p и из середины отрезка qp , т. е. из точки q' , опустить перпендикуляр $q'O$. Точку O пересечения перпендикуляра с вертикалью, проходящего через точку A лезвия лемеха, принимаем за центр кривизны контурной линии отвала на участке qp , поэтому для получения контура верхнего обреза на этом участке проводим дугу qp радиусом $R = qO$;

– для построения участка qd верхнего обреза крыла отвала, точки q и d соединяем прямой qd , из середины которой проводим перпендикуляр до пересечения с прямой qO . На пересечении проведенного перпендикуляра и прямой qO отмечаем точку O_1 . Радиусом O_1q очерчиваем верхний обрез крыла отвала до точки d .

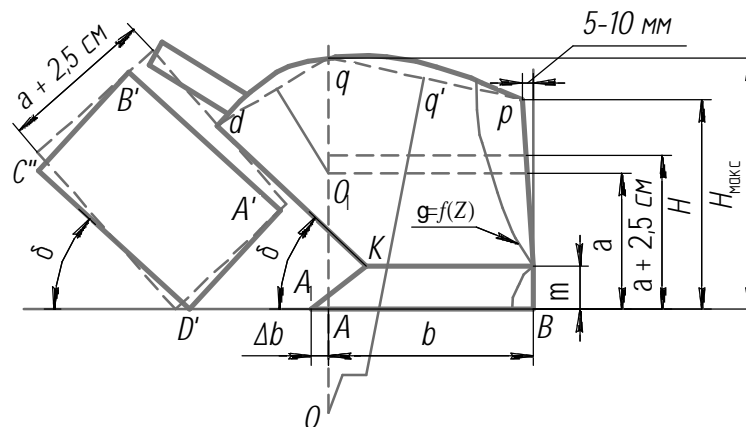


Рисунок 2.2 – Лобовая проекция отвала

Выбор закономерности изменения угла γ и вычисление промежуточных значений его, построение графика $\gamma = f(Z)$

Для окультуренных старопахотных почв с хорошей структурой применяются отвалы культурного типа, обладающие хорошими рыхлящими свойствами при достаточном обороте пласта, а в последнее время и скоростные плуги, позволяющие производить вспашку на скорости до 12...15 км/ч. Для подъема целинных и залежных земель с плотным дерновым покровом, а также для тяжелых связных или засоренных почв более применимы полувинтовые и винтовые отвалы, обладающие хорошими оборачивающими способностями.

Надлежащая постановка лемеха ко дну борозды (ϵ) и к стенке борозды (γ_0), а также расположение груди отвала (γ_{min}) и его крыла (γ_{max}) относительно стенки борозды определяют собой форму отвала. Отличия в форме поверхности культурных и скоростных, полувинтовых и винтовых отвалов, обусловленные особенностями технологии пахоты, находят наиболее полное отражение в характере

и величине изменений углов γ наклона горизонтальных образующих цилиндрида к стенке борозды в зависимости от высоты расположения этих образующих над дном борозды.

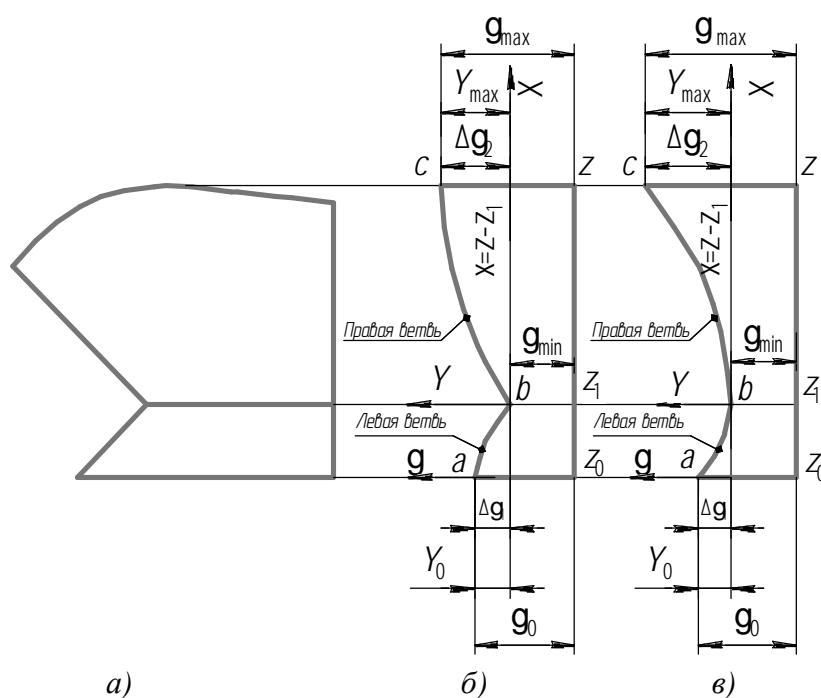
При проектировании отвала необходимо знать:

- а) какой тип отвала подлежит проектированию;
- б) какой вид закономерности $\gamma = f(Z)$ следует выбрать, чтобы построить поверхность отвала нужного типа.

Дальнейший порядок работы сводится к следующему:

- а) на построенный лобовой контур отвала наносят проекции горизонтальных образующих, располагая их по высоте через определенные интервалы;
- б) в соответствии с выбранной закономерностью $\gamma = f(Z)$ вычисляют промежуточные значения углов от γ_0 до γ_{\min} и от γ_{\min} до γ_{\max} для всех образующих, помещенных на лобовом контуре;
- в) на полевом обрезе лобового контура (или на продолжении образующих) вычерчивают в масштабе график $\gamma = f(Z)$.

Характер изменения углов γ по высоте для различных типов лемешно-отвальных поверхностей представлен на рисунок 2.3.



а) лобовой контур отвала;

б) закономерность $\gamma = f(Z)$ для отвальной поверхности культурного типа;

в) закономерность $\gamma = f(Z)$ для отвальной поверхности полувинтового типа

Рисунок 2.3 – Характер изменения углов γ по высоте лемешно-отвальной поверхности

При построении графика $\gamma = f(Z)$ рекомендуется сначала нанести образующую с минимальным наклоном к стенке борозды, т. е. расположенную под углом γ_{\min} . Эта образующая располагается примерно на высоте стыка лемеха с отвалом для культурного и полувинтового типа и немного выше для отвалов скоростных плугов. При этом высота расположения образующей должна находиться в диапазоне от 5 до 10 см от дна борозды.

Часть отвала, расположенную ниже образующей, проводимой под углом γ_{\min} , разбивают по высоте на интервалы по 2...3 см и через них наносят проекции образующих. Кверху от образующей, проводимой под углом γ_{\min} , проекции образующих наносят через интервалы 4...5 см, охватывая всю поверхность отвала. Все проекции образующих нумеруют, начиная от нулевой, проходящей по линии лезвия лемеха. Разность углов γ_0 и γ_{\min} для культурных отвалов составляет $1^\circ \dots 3^\circ$, для полувинтовых – $2^\circ \dots 4^\circ$, для скоростных – $5^\circ \dots 7^\circ$. Разность углов γ_{\max} и γ_{\min} для культурных отвалов составляет $5^\circ \dots 7^\circ$, для полувинтовых – $7^\circ \dots 12^\circ$, для скоростных – $5^\circ \dots 9^\circ$.

Отвальная поверхность культурного типа. Характер изменения углов γ по высоте представлен на рисунке 2.3б кривой, описываемой уравнением

$$Y = \frac{6,2X^2}{X^2 + 100}, \quad (2.6)$$

где X – абсциссы, определяющие расстояния (см) от начала координат вверх до очередной образующей;

Y – соответствующие ординаты, определяющие приращение углов γ в масштабе, условно выраженном в сантиметрах.

При построении начало координат располагается в точке b , соответствующей высоте отметки Z_1 . На графике $\gamma = f(Z)$ по оси абсцисс откладываются значения отметок Z по высоте, на которых расположены соответствующие образующие на лобовом контуре отвала. В уравнении (2.6) эти точки выражены значением аргумента $X = Z - Z_1$. Для образующих, расположенных на отвале ниже Z_1 , значения X будут отрицательными, а для образующих, лежащих выше Z_1 , – положительными. Начальная отметка $Z_0 = 0$ совпадает с дном борозды и ей соответствует значение аргумента $X_0 = Z_0 - Z_1 = -Z_1$. Верхняя отметка $Z_{\max} = H_{\max}$ – ей соответствует значение аргумента $X_{\max} = Z_{\max} - Z_1$.

Задавая при проектировании значения x , т. е. расстояния от образующей, наклоненной под углом γ_{\min} , до очередной верхней образующей с принятым интервалом (см), получим число образующих и значение абсциссы каждой из них.

Подставляя поочередно значения X в формулу (2.6) и решая ее, получим соответствующие значения Y .

По оси Y откладывают ординаты, определяющие приращения углов γ в масштабе, условно выраженном в сантиметрах.

Чтобы определить значения углов γ соответственно значениям x , необходимо найти масштаб λ для величины γ , который показывает, какое число градусов и минут приходится на 1 см изменения Y .

$$\lambda = \frac{D\gamma}{DY}. \quad (2.7)$$

Из рисунка 2.3б для левой ветви $\Delta\gamma_1 = \gamma_0 - \gamma_{\min}$, $\Delta Y = Y_0$; для правой ветви $\Delta\gamma_2 = \gamma_{\max} - \gamma_{\min}$, $\Delta Y = Y_{\max}$.

Принимаем обозначения: λ_1 – масштаб для левой ветви, λ_2 – масштаб для правой ветви.

Таким образом, значения масштабов находятся по заданным граничным параметрам:

– левой ветви

$$\lambda_1 = \frac{\gamma_0 - \gamma_{\min}}{Y_0}; \quad (2.8)$$

– правой ветви

$$\lambda_2 = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}{Y_{\max}}. \quad (2.9)$$

Зная масштаб λ и используя формулу 2.6, можно найти значение угла γ для образующей, расположенной на любой высоте x .

$$\gamma = \gamma_{\min} + D\gamma = \gamma_{\min} + \lambda Y = \gamma_{\min} + \lambda \frac{6,2X}{X^2 + 100}. \quad (2.10)$$

Для построения проекций образующих отвальной поверхности в плане используются значения $100\text{tg}\gamma$, которые вычисляются после определения углов γ .

Последовательность определения углов γ образующих культурного отвала рассмотрим для отвальной поверхности с параметрами: $\gamma_0 = 41^\circ$; $\gamma_{\min} = 39^\circ$;

$\gamma_{\max} = 46^\circ$ и $H_{\max} = 40,3$ см. Примем, что образующая, расположенная под углом γ_{\min} , находится на высоте $Z_1 = 8$ см от дна борозды.

Для левой ветви параболы принимаем интервал по высоте от $Z_0 = 0$ до $Z_1 = 8$ см через 2 см.

Абсцисса X_0 для отметки Z_0 будет равна

$$X_0 = Z_0 - Z_1 = -8 \text{ см.}$$

Ордината Y_0 этой отметки будет равна

$$Y_0 = \frac{6,2X_0^2}{X_0^2 + 100} = \frac{6,2(-8)^2}{(-8)^2 + 100} = 2,42 \text{ см.}$$

Масштаб λ_1 для левой ветви

$$\lambda_1 = \frac{\gamma_0 - \gamma_{\min}}{Y_0} = \frac{41^\circ - 39^\circ}{2,42} = 0,826^\circ \text{ на 1 см.}$$

Правая ветвь. Принимаем интервалы по высоте от Z_1 до Z_{\max} через 4 см.

Абсцисса X_{\max} для отметки $Z_{\max} = H_{\max}$ равна

$$X_{\max} = Z_{\max} - Z_1 = 40,3 - 8 = 32,3 \text{ см.}$$

Результаты значений углов левой ветви представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты расчетов значений углов γ левой ветви для лемешно-отвальной поверхности культурного типа

Параметр	Расчеты значений углов левой ветви				
	0	2	4	6	8
Z_i , см	0	2	4	6	8
$X_i = Z_i - Z_1$, см	-8	-6	-4	-2	0
$Y_i = \frac{6,2X_i^2}{X_i^2 + 100}$, см	2,42	1,54	0,86	0,24	0
$\Delta\gamma_i = \lambda Y_i$	2,00°	1,24°	0,71°	0,20°	0,00°
$\Delta\gamma_i^\circ$	2°0'	1°16'	0°42'	0°12'	0°00'
$\gamma_i^\circ = \gamma_{\min}^\circ + \Delta\gamma_i^\circ$	41°0'	40°16'	39°42'	39°12'	39°0'
100tg γ_i	87,0	84,7	83,0	81,6	81,0

Так как значение x_{\max} не кратно величине принятого интервала по высоте – 4 см, то самая верхняя образующая, проходящая через верхнюю точку q отвала, будет отстоять от нижележащей образующей на величину интервала –4,3 см. Тогда ордината Y_{\max} для точки Z_{\max} определяется по выражению

$$Y_{\max} = \frac{6,2 X_{\max}^2}{X_{\max}^2 + 100} = \frac{6,2 \times (32,3)^2}{32,2^2 + 100} = 5,66 \text{ см.}$$

Масштаб λ_2 для правой ветви:

$$\lambda_2 = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}{Y_{\max}} = \frac{46^\circ - 39^\circ}{5,66} = 1,24^\circ \text{ на 1 см.}$$

Результаты значений углов правой ветви представлены в таблице 2.2. График $\gamma = f(Z)$ строим на продолжении горизонтальных образующих лобового контура (рисунок 2.3б) в линейном масштабе μ ($\mu = 1$ град/см).

Таблица 2.2 – Результаты расчетов значений углов γ правой ветви для лемешно-отвальной поверхности культурного типа

Параметр	Расчеты значений углов правой ветви								
Z_i , см	8	12	16	20	24	28	32	36	40,3
$X_i = Z_i - Z_1$, см	0	4	8	12	16	20	24	28	32,3
$Y_i = \frac{6,2 X_i^2}{X_i^2 + 100}$, см	0	0,86	2,42	3,65	4,46	4,96	5,28	5,50	5,66
$\Delta\gamma_i = \lambda Y_i$	0	1,06°	3°00'	4,52°	5,52°	6,14°	6,53°	6,81°	7°00'
$\Delta\gamma_i^\circ$	0	1°04'	3°00'	4°31'	5°31'	6°08'	6°32'	6°49'	7,00°
$\gamma_i^\circ = \gamma_{\min}^\circ + \Delta\gamma_i^\circ$	39°00'	40°04'	42°00'	43°31'	44°31'	45°06'	45°32'	45°49'	46°00'
$100 \text{tg} \gamma_i$	81,0	84,1	90,0	95,0	98,3	100,4	102,9	103,0	103,6

Отвальная поверхность полувинтового типа. Характер изменения углов γ по высоте представлен на рисунок 2.3в кривой, описываемой уравнением 2.11:

$$Y = \frac{X^2}{2p}, \quad (2.11)$$

где $2p$ – параметр уравнения.

Для вычисления промежуточных значений угла γ необходимо определить для левой и правой ветвей кривой значение параметра $2p$.

Принимаем обозначения: $2p_1$ – параметр для левой ветви, $2p_2$ – параметр для правой ветви.

Параметры $2p_1$ и $2p_2$ принимаются в зависимости от масштаба λ для угла γ и определяются по граничным значениям углов. Масштаб принимается $\lambda = 1^\circ$ на 1 см.

Используя выражение (2.11), можно найти значение угла γ для образующей, расположенной на любой высоте x .

$$\gamma = \gamma_{\min} + D\gamma = \gamma_{\min} + \lambda Y = \gamma_{\min} + \frac{\lambda X^2}{2p}. \quad (2.12)$$

Последовательность определения углов γ для образующих полувинтового отвала рассмотрим на примере отвальной поверхности с параметрами: $\gamma_0 = 38^\circ$; $\gamma_{\min} = 35^\circ$; $\gamma_{\max} = 48^\circ$ и $H_{\max} = 44,0$ см. Примем, что образующая, расположенная под углом γ_{\min} и на высоте $Z_1 = 9$ см.

Для левой ветви принимаем интервал по высоте от $Z_0 = 0$ до $Z_1 = 9$ см через 3 см.

Абсцисса x_0 для отметки Z_0 будет $X_0 = Z_0 - Z_1 = -9$ см.

При принятом масштабе

$$\lambda_1 = \frac{\gamma_0 - \gamma_{\min}}{Y_0} = 1,$$

параметр

$$2p_1 = \frac{X_0^2}{\gamma_0 - \gamma_{\min}} = \frac{(-9)^2}{38^\circ - 35^\circ} = 27.$$

Ордината $Y_0 = \gamma_0 - \gamma_{\min} = 38^\circ - 35^\circ = 3^\circ$, что в принятом масштабе $\lambda = 1^\circ$ на 1 см соответствует 3 см на чертеже.

Для правой ветви примем интервал по высоте от Z_1 до Z_{\max} через 5 см. Абсцисса X_{\max} для отметки $Z_{\max} = H_{\max}$ равна

$$X_{\max} = Z_{\max} - Z_1 = 44 - 9 = 35 \text{ см.}$$

При принятом масштабе

$$\lambda_2 = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}{Y_{\max}} = 1.$$

Параметр

$$2p_2 = \frac{X_{\max}^2}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} = \frac{35^2}{48^2 - 35^2} = 94,2.$$

Ордината Y_{\max} для отметки Z_{\max} равна $Y_{\max} = \gamma_{\max} - \gamma_{\min} = 48^\circ - 35^\circ = 13^\circ$, что в принятом масштабе $\lambda_2 = 1^\circ$ на 1 см соответствует 13 см на чертеже.

Промежуточные значения углов γ для левой и правой ветвей представлены в таблице 2.3.

Построение направляющей кривой

В качестве направляющей кривой принимаем параболу, построенную на дуге окружности радиуса R . Радиус окружности, определяет размеры направляющей кривой и рабочей поверхности отвала. Он должен быть таким, чтобы пласт мог полностью помещаться на отвале и не происходило пересыпание почвы через верхний обрез, кроме того, чтобы отваленный пласт не задирался нижним обрезом.

Таблица 2.3 – Результаты расчетов значений углов γ для лемешно-отвальной поверхности полувинтового типа

Участок графика	Левая ветвь				Правая ветвь							
	0	3	6	9	9	14	19	24	29	34	39	44
Z_i , см	0	3	6	9	9	14	19	24	29	34	39	44
$X_i = Z_i - Z_1$, см	-9	-6	-3	0	0	5	10	15	20	25	30	35
$Y_i = \frac{X_i^2}{2p}$, см	3,00	1,33	0,33	0,00	0,00	0,27	1,06	2,39	4,24	6,64	9,55	13,00
$\Delta\gamma_i = \lambda Y_i$	3,00°	1,33°	0,33°	0,00°	0,00°	0,27°	1,06°	2,39°	4,24°	6,64°	9,55°	13,00°
$\Delta\gamma_i^\circ$	3°0'	1°20'	0°20'	0°0'	0°0'	0°16'	1°4'	2°23'	4°14'	6°38'	9°33'	13°0'
$\gamma_i^\circ = \gamma_{\min}^\circ + \Delta\gamma_i^\circ$	38°0'	36°20'	35°20'	35°0'	35°0'	35°16'	36°4'	37°23'	39°14'	41°38'	44°33'	48°0'
100 tg γ_i	78,1	73,6	70,9	70,0	70,0	70,7	72,8	76,4	81,6	88,9	98,4	110,6

Для плугов общего назначения обычно принимают

$$R_{\min} < R < R_{\max}, \quad (2.13)$$

где R_{\min} – минимальный радиус дуги окружности;

R_{\max} – максимальный радиус дуги окружности.

Минимальный радиус дуги окружности определяется по формуле

$$R_{\min} = \frac{b}{\frac{\alpha}{\epsilon} - \frac{\delta}{\epsilon} \cos \gamma_0}, \quad (2.14)$$

где b – ширина захвата корпуса;

ϵ – угол между лемехом и дном борозды в плоскости NN (рисунок 2.4);

γ_0 – угол между лезвием лемеха и стенкой борозды.

Максимальный радиус дуги окружности определяется по формуле

$$R_{\max} = \frac{b\sqrt{k^2 - 1}}{k^2(\cos \epsilon - \cos Q)}, \quad (2.15)$$

где Q – угол, определяемый из равенства

$$\operatorname{tg} Q = \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{\cos \gamma_0}. \quad (2.16)$$

При невыполнении условия $R_{\min} < R < R_{\max}$ минимальный радиус следует определять по выражению

$$R'_{\min} = \frac{b\sqrt{k^2 - 1}}{k(\cos \epsilon + \sin D\epsilon)}, \quad (2.17)$$

где $D\epsilon$ – дополнительный угол, на который увеличивается дуга окружности для обеспечения большого подгиба крыла отвала (для культурных $D\epsilon = 4 \dots 5^\circ$; для полувинтовых $D\epsilon = 8 \dots 10^\circ$; для скоростных $D\epsilon = 5 \dots 8^\circ$).

Направляющая кривая строится графическим способом. Для этого на линии xx , представляющей горизонтальную проекцию стенки борозды, отмечаем точку B_1 (рисунок 2.4), на которой располагается носок лемеха. Из точки B_1 под углом γ_0 к стенке борозды проводим линию B_1A_1 , которая представляет собой горизонтальную проекцию нулевой образующей поверхности отвала. Перпендикулярно к линии лезвия B_1A_1 на расстоянии $2/3$ длины лезвия для культурного отвала (для полувинтовых через правый конец лезвия – точка A_1) от точки B_1 проводится

линия NN , являющаяся следом вертикальной секущей плоскости, в которой лежит направляющая кривая.

Для обозначения линии дна борозды через точку M проводим перпендикуляр $N'N'$ к линии Mz .

Положение лемеха в плоскости NN относительно дна борозды определяется углом ε . Для этого из точки M проводится линия Mt под углом ε . Для определения положения центра O окружности, на основе которой строится направляющая парабола, необходимо из точки M восстановить перпендикуляр к линии Mt и от M отложить отрезок MO , равный радиусу R , принятому между R_{\min} и R_{\max} . Затем из центра O провести дугу MC окружности радиусом R . Длина дуги ограничена углом $90^\circ - \varepsilon$. При этом отрезок $R = OC$ располагается параллельно линии дна борозды. Целесообразно для лучшего оборачивания пласта дугу MC увеличить на угол $\Delta\varepsilon$, т. е. продолжить ее до точки F .

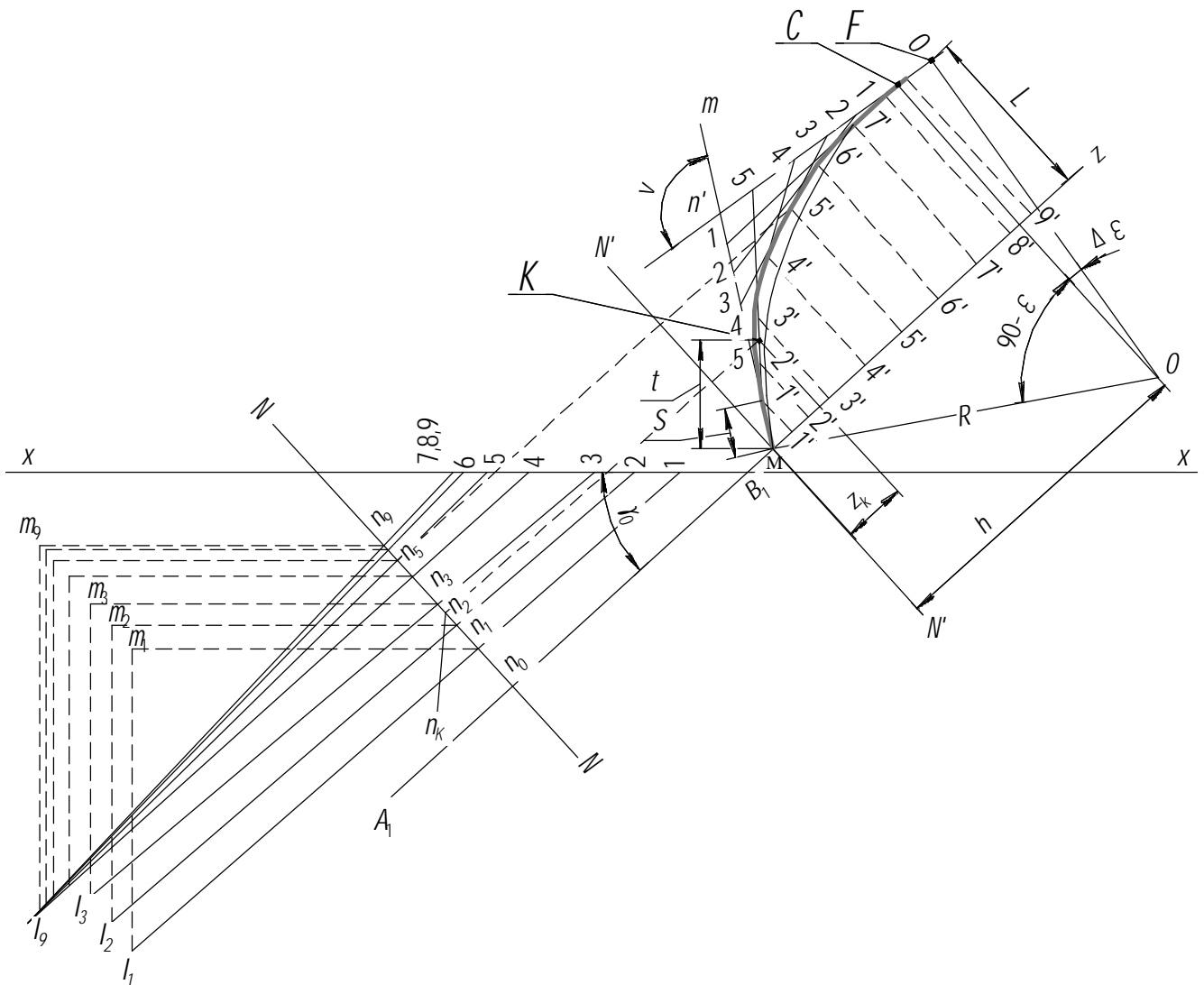


Рисунок 2.4 – Построение направляющей кривой проекции в плане

Построение направляющей параболы на дуге MF окружности выполняется в следующей последовательности:

– от точки M откладывается отрезок S , равный ширине плоской части лемеха. Величина отрезка изменяется от 3 до 6 см при изменении глубины пахоты от 12 до 27 см;

– из точки F проводится касательная к дуге MF до пересечения в точке n' с другой касательной Mm ; угол ν между касательными, равный $90^\circ + \varepsilon - \Delta\varepsilon$, составляет у культурных отвалов 115° , у скоростных 112° и у полувинтовых 110° ;

– отрезки касательных $n'F$ и $(n'M - S)$ делим на произвольное, но равное число частей. После нумерации части отрезков с одинаковыми номерами соединяют между собой вспомогательными линиями 1–1, 2–2, ..., n – n . Искомая парабола вычерчивается, как огибающая всех вспомогательных прямых.

Вылет L и высота h направляющей кривой определяется из построения, и сравнивается с расчетным значением, определенным по выражению

$$L = R(1 - \sin\varepsilon); h = R \cos\varepsilon. \quad (2.18)$$

Построение горизонтальной проекции образующих и контура отвала

Для построения горизонтальной проекции отвала необходимо предварительно определить положение каждой образующей в плане. С этой целью на линии Mz отмечают точки $1'$, $2'$ и так далее с теми же интервалами по высоте, как и на лобовом контуре отвала. Затем через точки проводят линии $1'-1'$, $2'-2'$, ... каждая из которых указывает положение соответствующей образующей на направляющей кривой.

Положение проекций образующих в плане определяют переносом точек $1'$, $2'$, ..., n' с направляющей кривой на горизонтальный след ее NN , где отмечают точки n_0, n_1, \dots, n_n . Через них проходят образующие 0–0, 1–1, ... расположенные под углами γ_0, γ_1 и так далее к стенке борозды. Проекция образующих в плане следует строить с помощью диаграммы тангенсов. Для этого из точек n_0, n_1, n_2, \dots проводят вспомогательные прямые n_1m_1, n_2m_2 и т. д. параллельно стенке борозды и от точек n_1, n_2, \dots на этих линиях откладывают отрезки $n_1m_1, n_2m_2, \dots, n_nm_n$ длиной 100 мм. Затем через точки m_1, m_2 перпендикулярно к стенке борозды проводят линии $m_1l_1, m_2l_2, \dots, m_nl_n$ т. д. и на них откладываем отрезки, равные соответственно: $n_1l_1 = 100 \operatorname{tg}\gamma_1, n_2l_2 = 100 \operatorname{tg}\gamma_2, \dots, n_nl_n = 100 \operatorname{tg}\gamma_n$. Полученные точки l_1, l_2, \dots, l_n соединяют прямыми линиями $l_1n_1, l_2n_2, \dots, l_nn_n$ и эти прямые продолжают до пересечения со стенкой борозды (линией xx). Так как они расположены под определенными углами γ к стенке борозды, эти прямые представляют проекции

образующих на горизонтальной плоскости. Целесообразно линии образующих на проекциях нумеровать.

Построение горизонтального контура отвала выполняется переносом с лобовой проекции в план точек пересечения соответствующих образующих с контурными линиями. Нижний обрез AB лобового контура в плане представлен горизонтальной проекцией A_1B_1 (рисунок 2.5) лезвия лемеха.

Полевой обрез в плане представляется линией B_1P_1 , расположенной вдоль стенки борозды с некоторым наклоном к ней, определяемым положением верхней точки P полевого обреза на лобовой проекции. Точка P_1 в плане должна лежать на той же или между теми же образующими, что и на лобовом контуре, и на том же расстоянии от стенки борозды.

Правый обрез лемеха A_1K_1 строится по дополнительной образующей. Высота расположения стыка лемеха с отвалом (точка K) определяется выбранной шириной лемешной стали и углом установки лемеха ко дну борозды и рассчитывается по выражению 2.4. Откладывая на направляющей кривой выбранную ширину лемешной стали по дуге MK и отметив на ней точку K , получим высоту расположения ее над дном борозды Z_k (рисунок 2.4). На высоте Z_k (рисунок 2.5) на лобовой проекции отвала проводим дополнительную образующую KK , пересечение которой с линией правого обреза в точке K отмечаем положение стыка лемеха с отвалом.

Точку K (рисунок 2.4) с направляющей кривой сносим на след NN в плане, где отмечают точку n_k , через которую проводим дополнительную образующую K_1K_1 , наклонную к стенке борозды под углом γ_0 , численное значение которого берется из графика $\gamma = f(Z)$. Точку K правого обреза лобовой проекции снести на образующую K_1K_1 горизонтальной проекции отвала (рисунок 2.5). Полученная в плане точка K_1 является правым концом стыка. Правый конец лезвия лемеха в плане соединить с точкой K_1 прямой A_1K_1 и получаем правый обрез лемеха. Правый обрез лемеха на лобовом контуре строят переносом точек пересечения контурной линии A_1K_1 с образующими в плане. Бороздной (правый) и верхний обрез отвала в плане получают путем переноса точек 4, 5, 5, 7, ..., n с лобовой проекции на соответствующие образующие в плане.

Построение продольно-вертикальной проекции отвала (рисунок 2.5). За основание этой проекции принимаем ось xx (линию стенки борозды в плане). При этом проекцию носка лемеха в плане совмещаем с проекцией его в горизонтальной плоскости. Затем параллельно оси xx наносим проекции образующих, которые на этой плоскости проекции представлены горизонтальными прямыми $1''-1''$, $2''-2''$, ..., $n''-n''$, расположенными на тех же высотах, что и проекции 1-1, 2-2

на лобовом контуре. Полевой, бороздной, верхний и нижний обрезы контура отвала получаем переносом контурных точек из плана на соответствующие образующие в продольно-вертикальной плоскости. После переноса всех точек обводится продольно-вертикальный контур отвала.

Построение сечений отвала продольно и поперечно-вертикальными плоскостями и построение кривых шаблонов. Сечения отвала продольно и поперечно-вертикальными плоскостями дают возможность судить о технологических свойствах отвала, а сечения вертикальными плоскостями, перпендикулярными лезвию лемеха, – получить кривые шаблонов. В плане параллельно оси xx проводим прямые a_1a_1 , a_2a_2 и т. д. (рисунок 2.6) на одинаковом расстоянии друг от друга. Они представляют следы продольно-вертикальных плоскостей. Сечения, d_1d_1' , d_2d_2' и т. д. на продольно-вертикальной плоскости проекций строим по точкам пересечения следов продольно-вертикальных плоскостей a_1a_1 , a_2a_2 и т. д. с образующими в плане. Полученные точки t , S и т. д. проектируем на продольно-вертикальную плоскость и отмечаем на соответствующих образующих точки t' , S' и т. д. Соединив полученные точки плавной кривой, получим сечение отвала продольно-вертикальной плоскостью, отмеченной в плане линией a_1a_1 . Так же строят и другие сечения.

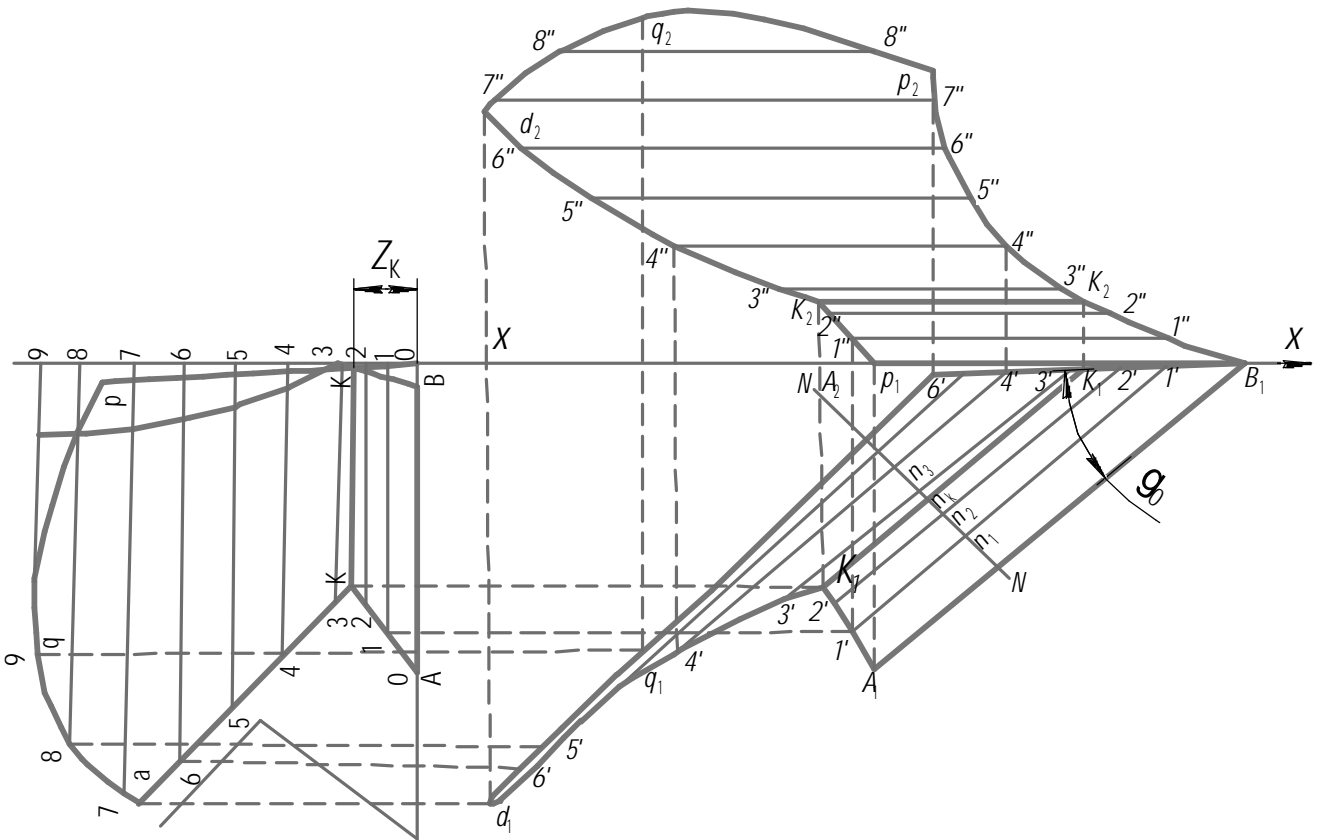


Рисунок 2.5 – Построение горизонтальной и продольно-вертикальной проекции отвала

Перпендикулярно оси xx в плане проводим прямые v_1v_1 , v_2v_2 и т. д., представляющие следы поперечно-вертикальных плоскостей, сечения которых расположены на лобовой проекции отвала. Эти сечения строятся переносом с плана на лобовой контур точек пересечения прямых v_1v_1 , v_2v_2 с образующими в плане. Метод построения аналогичен построению сечений в продольно-вертикальной плоскости. Затем перпендикулярно линии лезвия лемеха в плане проводим ряд прямых U_1U_1 , U_2U_2 и т. д. на одинаковом расстоянии друг от друга, представляющих следы секущих плоскостей, в которых расположены кривые шаблонов. Чтобы видеть эти кривые в неискаженном виде, секущие плоскости необходимо совместить с плоскостью чертежа аналогично тому, как это выполняли с плоскостью направляющей кривой.

Выбрав на листе свободное место, проводим горизонтальную прямую OO , отмечающую дно борозды. Затем к ней восстанавливаем перпендикуляры U_1Z_1 , U_2Z_2 и т. д., располагая их на одинаковом расстоянии друг от друга. Затем параллельно линии дна борозды OO проводим горизонтальные прямые, представляющие собой следы плоскостей, в которых расположены образующие 1, 2, 3, ..., n . Интервалы между этими прямыми по высоте принимаем такие же, как и для образующих на лобовом контуре отвала. Кривые строим по точкам, в которых секущие плоскости пересекаются с образующими в плане.

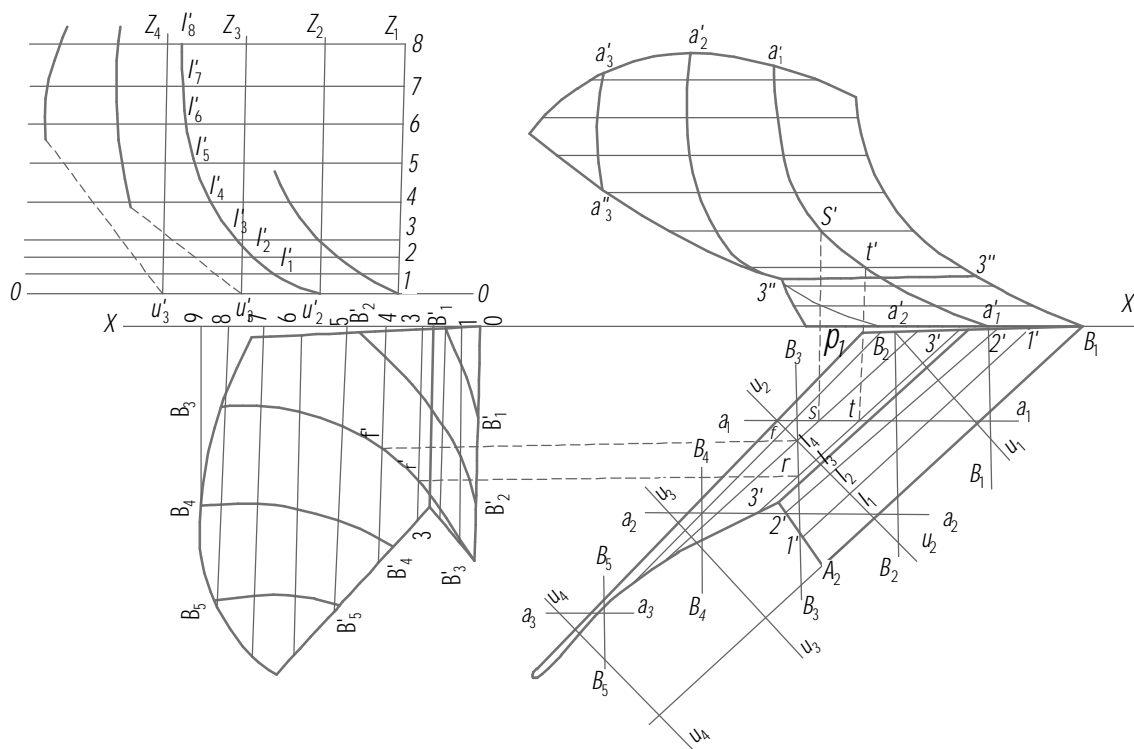


Рисунок 2.6 – Построение кривых сечений отвала продольно- и поперечно-вертикальными плоскостями и построение кривых шаблонов

Последовательность построения рассмотрим на примере сечения отвала плоскостью U_2 . Для этого точку пересечения плоскости U_2 с лезвием лемеха снимем на нулевую образующую OO в точку U'_2 (на дополнительной проекции). В плане отмечаем точки l_1, l_2, \dots, l_n , где горизонтальный след плоскости U_2 пересекает образующие $1', 2', 3', \dots, n'$. Полученные отрезки от линии A_1B_1 до точек l_1, l_2, \dots, l_n являются горизонтальными координатами точек l_1, l_2, \dots, l_n относительно вертикальной оси, проходящей в плоскости U_2 через точку пересечения ее с линией лезвия лемеха A_1B_1 . Точки l_1, l_2, \dots, l_n плана переносим на дополнительную проекцию и отмечаем координаты этих точек на высоте соответствующих образующих от линии U'_2Z_2 точками l_1, l_2, \dots, l_n , равными соответствующим отрезкам в плане от линии лезвия лемеха A_1B_2 , до точек $l_1, l_2, \dots, l_n, 1, 2, \dots, n$. Соединяя полученный ряд точек l_1, l_2, \dots, l_n строим кривую шаблона в плоскости U_2 в неискаженном виде. Кривые других шаблонов строят аналогичным способом.

Построение развертки (заготовки) отвальной поверхности. Развертка рабочей поверхности необходима для вырезки по ней заготовки, из которой штампуется отвал. Поверхность цилиндрида не разворачивается на плоскость без искажений, поэтому вычерчиваемая развертка будет приближенной. Развертку строят по выпрямленным кривым шаблонов. Для этого на проекции лезвия лемеха, взятой из плана, отмечают точки, отстоящие на таких же расстояниях от носка лемеха, как и соответствующие ортогональные секущие плоскости, по которым построены кривые шаблонов.

В этих точках восстанавливаем перпендикуляры к лезвию лемеха, которые будут расположены в плоскостях сечений. Рассмотрим построение на примере секущих плоскостей II и IV (рисунок 2.7).

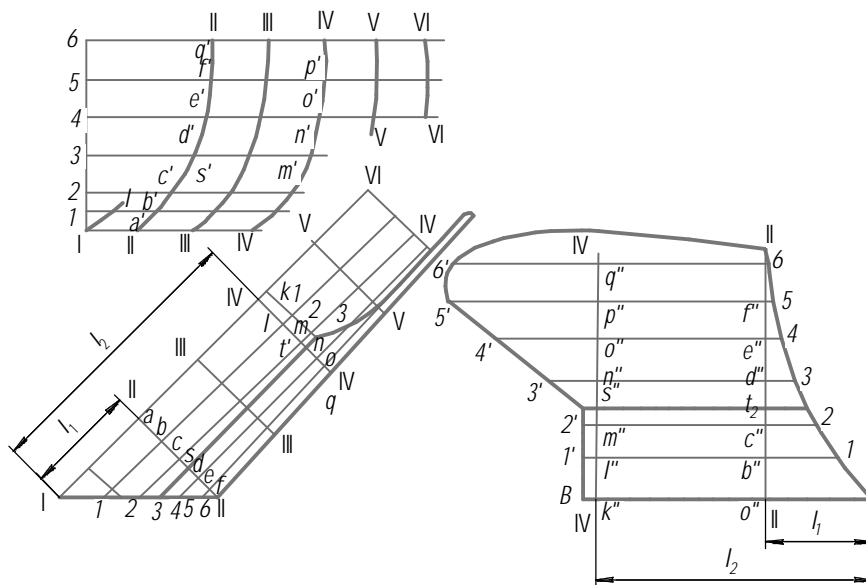


Рисунок 2.7 – Построение развертки отвальной поверхности

На этих прямых откладываем отрезки $a''b'' = a'b'$, $b''c'' = b'c'$ и т. д. Отрезки $a'b'$, $b'c'$ берем из соответствующих кривых шаблонов. Затем точки, лежащие на одних и тех же образующих (например, точки b'' и l'' лежат на 1-й образующей, точки c'' и m'' на 2-й и т. д.), соединяют прямыми. Далее от точки l'' откладывают вправо отрезок $l''1$, взятый из горизонтальной проекции отпала, и в влево отрезок $l''1'$. От точки m'' – отрезок $m''2$ вправо и отрезок $m''2'$ влево. Полученные точки контура соединяют плавной линией, которая будет контуром развертки (заготовки).

2.2 Размещение рабочих органов и колес на раме плуга

Рабочие органы лемешных плугов размещают на рамах, выполненных в виде квадратных или прямоугольных пустотелых труб. Для жесткости на верхнюю плоскость рамы устанавливают балку.

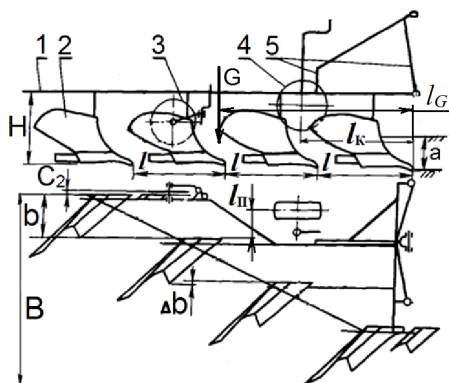
Высоту расположения рамы плуга над опорной плоскостью корпусов определяют из условия свободного подъема, оборота и прохода пласта под рамой при проведении первой борозды. Борозда при первом проходе имеет глубину $\frac{2}{3}a$ и определяется размером

$$H = b + \frac{2}{3}a. \quad (2.19)$$

Для навесных и полунавесных плугов предусмотрена единая схема размещения рабочих органов. Корпуса плугов размещают на раме последовательно один за другим со смещением на ширину захвата b в сторону вспаханного поля (рисунок 2.8) с перекрытием Δb , равным 25...75 мм. Перекрытие способствует полному подрезанию пласта при колебаниях плуга в горизонтальной плоскости (непрямолинейном движении).

Расстояние l между корпусами (по ходу плуга), от которого зависит металлоемкость и приспособляемость плуга к рельефу поля, принимают из условий, что сила сопротивления почвы резанию (R_{xy}), возникающая при движении корпуса, приложена посередине длины лезвия лемеха ($l_d/2$) и направлена под углом трения φ к плоскости, перпендикулярной лезвию (рисунок 2.9). Расстояние должно быть таким, чтобы исключить забиваемость почвой и растительными остатками и обеспечить возможность установки дискового ножа перед последним корпусом плуга. Расстояние должно быть большим, чем зона распространения деформации

почвы по ходу плуга, и достаточным для прохождения пластов, отваливаемых предплужником и основным корпусом.



1 – рама; 2 – корпус; 3 – дисковый нож; 4 – опорное колесо; 5 – навеска

Рисунок 2.8 – Схема навесного плуга

$$l = b \operatorname{tg}(\gamma_0 + \varphi), \quad (2.20)$$

где φ – угол трения почвы о сталь ($\varphi = \operatorname{arctg} f$; f – коэффициент трения – принимается из задания).

Полевые доски воспринимают боковые реакции стенки борозды и обеспечивают устойчивость хода корпусов и всего плуга по ширине захвата. Основные размеры полевых досок устанавливает ГОСТ 14148–79. Для корпусов с шириной захвата $b = 30 \dots 35$ см ширина полевой доски должна быть $b_{\text{пд}} = 100$ мм, а с шириной захвата более 35 см – 160 мм.

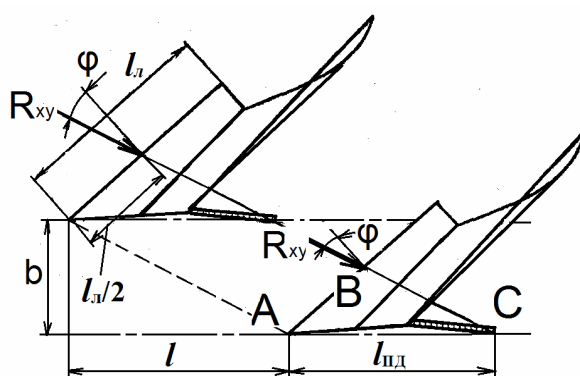


Рисунок 2.9 – Схема к определению параметров расстановки корпусов и длины полевой доски

Длина полевой доски определяется из условия, что линия действия силы сопротивления R_{xy} , приложенной к середине лемеха, пересекает пятку полевой доски (рисунок 2.9).

$$AC = l_{\text{пд}} = b \cos \varphi / [2 \sin \gamma_0 \cos(\gamma_0 + \varphi)]. \quad (2.21)$$

Для обеспечения качественной заделки задернелого верхнего слоя почвы на полях, не засоренных или слабо засоренных камнями, перед корпусами плугов устанавливают предплужники. Ширину захвата предплужника принимают равной $b_1 = \frac{2}{3}b$, а глубину хода предплужника – $a_1 = 8 \dots 12$ см. На раме предплужник устанавливают так, что расстояние от его носка до носка корпуса составляет $l_{\text{п}} = 250 \dots 300$ мм, это обеспечивает отдельное движение пластов с рабочих поверхностей корпуса и предплужника и исключает возможность забивания. Более свободная расстановка неоправданно увеличивает габаритные размеры и массу плуга.

Дисковый нож размещают у последнего корпуса так, чтобы ось вращения диска находилась на одной вертикали с носком лемеха, плоскость диска должна быть вынесена в сторону непаханого поля от полевого обреза корпуса на расстояние $C_2 = 15 \dots 30$ мм (рисунок 2.10), глубина подрезания должна быть больше задернелого слоя почвы или нижняя кромка ножа должна располагаться ниже носка лемеха предплужника на $20 \dots 30$ мм.

Диаметр дискового ножа выбирают из условия

$$D_{\text{Н}} \geq 2(h + \Delta) + d_{\text{СТ}}, \quad (2.22)$$

где h – глубина хода ножа (принимается $\frac{2}{3}$ от глубины вспашки), см;
 Δ – зазор между фланцем ступицы и поверхностью поля ($\Delta = 20 \dots 25$ мм);
 $d_{\text{СТ}}$ – диаметр фланца ступицы ножа ($d_{\text{СТ}} = 50 \dots 80$ мм).

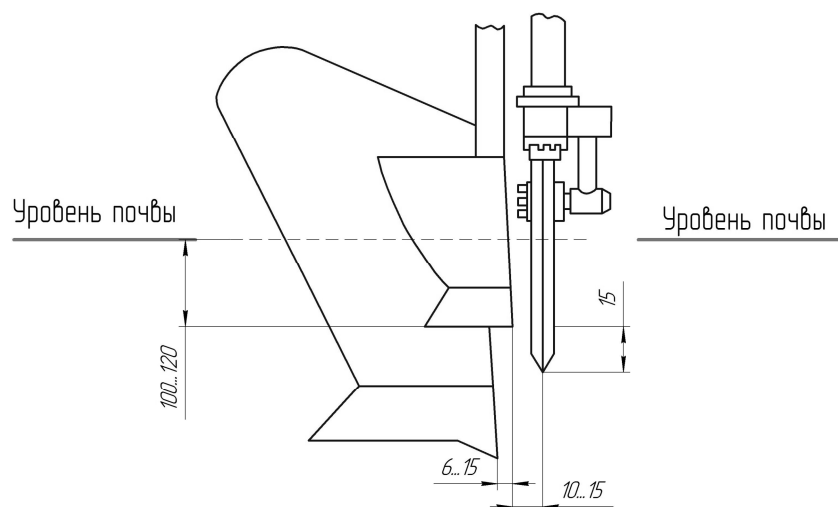


Рисунок 2.10 – Схема расстановки рабочих органов плуга

Для поддержания заданной глубины пахоты используется опорное колесо.

Предварительно диаметр колеса принимают в зависимости от глубины обработки:

$$D_K = 2a_{\max} + d_0 + 2\Delta_0, \quad (2.23)$$

где a_{\max} – максимальная глубина обработки (при выполнении курсовой работы принять $a_{\max} = a$);

d_0 – диаметр оси колеса, мм;

Δ_0 – расстояние между поверхностью поля и осью ($\Delta_0 = 50 \dots 70$ мм).

Диаметр оси зависит от нагрузки, действующей на ось и конструкции ступичного узла. При выполнении курсовой работы принять $d_0 = 50$ мм.

Для обеспечения перекатывания колеса по полю диаметр колеса проверяют по формуле Грандвуане – Горячкина:

$$D_K = R_{KZ} / \sqrt{qb_0 R_{KX}}, \quad (2.24)$$

где R_{KZ} – вертикальная нагрузка, действующая на колесо, Н ($R_{KZ} = 0,5G_{\text{ПЛУГА}}$);

q – коэффициент объемного смятия почвы (таблица 2.4);

R_{KX} – горизонтальная составляющая сопротивления перекатывания колеса, Н.

$$R_{KX} = R_{KZ} \operatorname{tg} \mu, \quad (2.25)$$

где μ – коэффициент сопротивления качению (таблица 2.4).

Вес плуга

$$G_{\text{ПЛУГА}} = G_{\text{пл}} + G_{\text{почвы}}, \quad (2.26)$$

где $G_{\text{пл}}$ – вес плуга без учета налипшей почвы, Н;

$G_{\text{почвы}}$ – вес почвы, Н.

Вес плуга без учета налипшей почвы определяется по зависимости

$$G_{\text{пл}} = 9,81m_0 abn, \quad (2.27)$$

где m_0 – удельная масса плуга, кг/м² ($m_0 = (2,2 \dots 3,0)10^3$ кг/м² (меньшее значение m_0 соответствует одно-, четырехкорпусным навесным плугам, большие – с количеством корпусов более четырех и оборотным));

n – количество корпусов.

Вес налипшей на плуг почвы:

$$G_{\text{почвы}} = k_{\text{п}} a, \quad (2.28)$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент, устанавливающий зависимость между глубиной пахоты и весом пласта почвы, находящегося на отвальной поверхности плуга ($k_{\text{п}} = 0,296 \text{ Н/м}$).

Ширина обода колеса:

$$b_0 = R_{\text{кз}} / k_{\text{доп}}, \quad (2.29)$$

где $k_{\text{доп}}$ – допускаемая удельная нагрузка на 1 см ширины обода (таблица 2.4).

Ось колеса в продольной плоскости устанавливаются на расстоянии $l_{\text{к}}$ от носка переднего корпуса (рисунок 2.11):

$$l_{\text{к}} = \frac{1}{2,5 \dots 3,8} l(n - 1), \quad (2.30)$$

где l – наименьшее расстояние между носками соседних лемехов, см;
 n – число корпусов.

Таблица 2.4 – Значение коэффициентов в зависимости от состояния почвы

Тип почвы	$q, \text{ Н/см}^3$	$k_{\text{доп}}, \text{ Н/см}$	μ
Свежевспаханная	1,96...3,92	294	0,20...0,30
Стерня, трава	9,8...18,3	320	0,09...0,15
Пар	16,4...24,5	412	0,15...0,19

В поперечном направлении опорное колесо устанавливается так, чтобы расстояние $l_{\text{п}}$ от осевой линии обода до стенки борозды (до полевого обреза за ним идущего корпуса) в 1,2...1,5 раза превышало максимальную глубину вспашки a_{max} (рисунок 2.9). При таком расположении опорного колеса обеспечивается равномерный ход корпусов по глубине и исключается деформирование стенки борозды от давления обода колеса. Аналогичными требованиями определяется установка переднего и заднего опорных колес на полунавесных плугах.

2.3 Определение усилия, необходимого для перевода плуга из рабочего в транспортное положение

Усилие подъема (усилие в штоке гидроцилиндра) навесного орудия зависит:

- от веса орудия;
- расположения его центра тяжести;
- размеров и положения звеньев механизма навесной системы трактора;
- воздействия или отсутствия воздействия почвы.

Максимальное усилие подъема плуга будет иметь место при его выглублении из борозды [7...9]. В этом случае сопротивление подъему плуга зависит не только от веса плуга, но и от веса почвы на корпусах плуга, сил сопротивления деформации и перемещения почвы, реакции почвы на опорное колесо и силы трения полевых досок о стенку борозды.

Усилие в штоке гидроцилиндра или в звеньях механизма навески можно измерить или определить, используя графоаналитический метод, применив принцип рычага акад. Н. Е. Жуковского. Этот принцип сводится к построению планов скоростей, повернутых на 90° , и приложению к соответствующим точкам этих планов действующих сил. При этом сумма моментов всех сил относительно полюса планов скоростей равна нулю.

Академик Н. Д. Лучинский предложил весьма удобный способ построения повернутых на 90° планов скоростей звеньев механизма на схеме самого механизма. При этом если масштаб планов скоростей принять равным угловой скорости поворота звеньев относительно полюса этого плана, то точки конца векторов абсолютных скоростей будут совпадать с точками конца звеньев.

При построении плана необходимо учитывать, что векторы абсолютных скоростей откладываются из полюса, а относительных – с концов векторов абсолютных скоростей.

Порядок определения усилия в штоке гидроцилиндра рассмотрим на примере однокорпусного навесного плуга.

Согласно данным таблицы 2.5 и рисунка 2.11 вычертить элементы навески трактора и схему плуга в заглубленном на заданную глубину a пахоты положении. Длина звеньев C_1D_1 и FE определяется из построения.

Последовательность построения системы навески и плуга в заглубленном положении (рисунок 2.11):

- провести горизонтальную линию, отображающую дно борозды;
- от дна борозды отложить заданную глубину пахоты a и провести линию, отображающую поверхность поля;

- от дна борозды отложить высоту расположения рамы плуга над опорной плоскостью корпусов H и провести горизонтальную линию – место расположения рамы плуга;
- координатой Z_A определить положение точки A над поверхностью поля;
- из точки A найти положение точки B_1 на горизонтальной линии, используя длину звена AB_1 как радиус, и соединить их между собой;
- используя рисунок 2.11 и значения координат из таблицы 2.5, определить положение опорных точек F , D и D_1 навесной системы плуга;
- под углом 85° относительно рамы плуга вычертить звено B_1C_1 ;
- соединив точки D_1 и C_1 , вычертить звено D_1C_1 , при этом его длина (длина центральной тяги навески трактора) определяется из условия, что рама плуга в рабочем положении должна располагаться горизонтально;
- методом засечек вычертить звенья ΔDCE , FE и BC навесной системы;
- по значениям, рассчитанным в разделе 2.2, определить и вычертить положение рабочих органов и центра тяжести плуга;
- приложить к штоку гидроцилиндра в точке F и к центру тяжести плуга в точке E_1 соответственно силу выглубления Q и вес $G_{\text{ПЛУГА}}$.

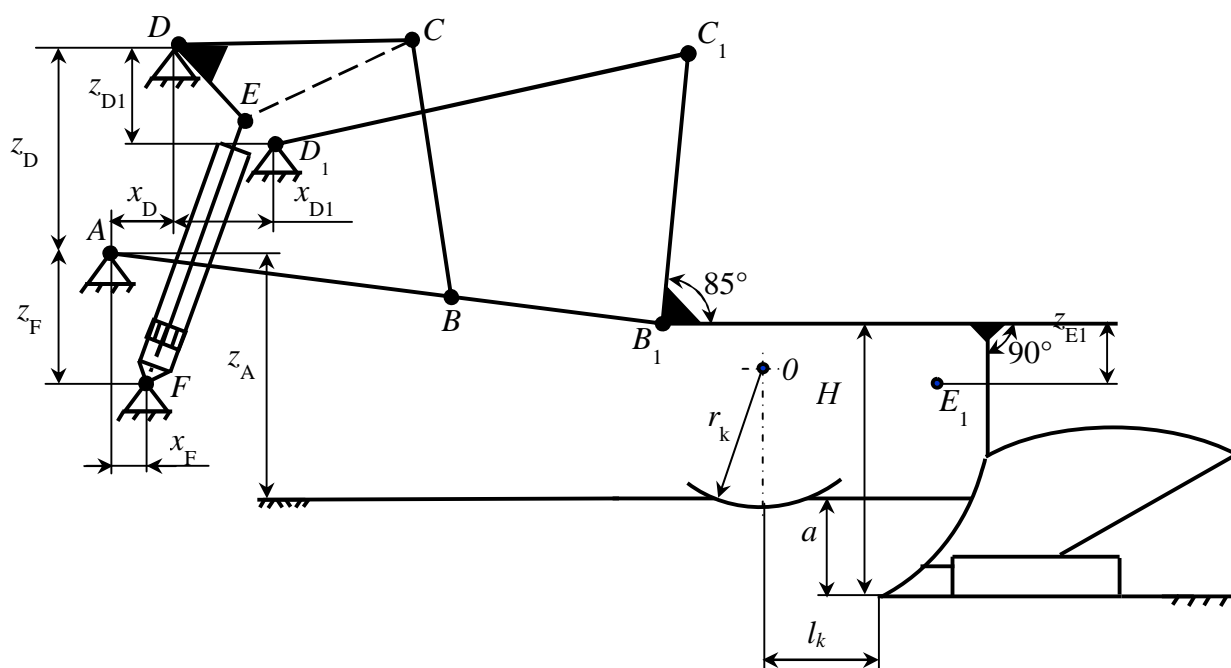


Рисунок 2.11 – Размеры звеньев и координаты точек механизма навески плуга в рабочем положении

В момент перевода плуга из рабочего в транспортное положение действует суммарная сила сопротивления \bar{Q} :

$$\bar{Q} = \bar{G}_{\text{ПЛУГА}} + \bar{R}_{\text{XZ}} + \bar{F}_{\text{пд}} + \bar{N}_{\text{к}} + R, \quad (2.31)$$

где R_{XZ} – реакция почвы на отвальные поверхности плуга, Н;
 $F_{\text{пд}}$ – сила трения полевых досок о стенку борозды, Н;
 $N_{\text{к}}$ – реакция почвы на опорное колесо, Н;
 R – результирующая сила сопротивления дискового ножа, Н.

Таблица 2.5 – Размеры звеньев и координаты точек навесного устройства

Измеряемые параметры	X_F	Z_F	X_D	Z_D	X_{D1}	Z_{D1}	Z_A
Значения параметров, мм	115	230	110	370	60	180	405
Измеряемые параметры	AB_1	B_1C_1	AB	BC	CD	DE	CE
Значения параметров, мм	880	445	415	445	260	145	185

Положение центра тяжести плуга определяется по результатам проектирования и составления 3D модели плуга. Так как при выполнении курсовой работы 3D моделирование не выполняется, положение центра тяжести (точка E_1) рекомендуется принимать на вертикальной линии, проходящей посередине корпусов плуга на расстоянии $Z_{E1} = 150$ мм от рамы для загонных плугов и на раме ($Z_{E1} = 0$) – для оборотных.

Тяговое сопротивление корпусов плуга:

$$R_X = k_{\text{п}} abn, \quad (2.32)$$

где $k_{\text{п}}$ – удельное сопротивление почвы, Па (исходные данные).

Реакция почвы на рабочие поверхности корпусов (рисунок 2.12а):

$$R_{\text{XZ}} = R_X / \cos\psi, \quad (2.33)$$

где R_X – тяговое сопротивление корпусов плуга, Н;

ψ – угол, характеризующий направление действия силы R_{XZ} .

Сила R_{XZ} прикладывается к среднему корпусу в точке M на расстоянии $0,5 a$ от носка лемеха под углом ψ к горизонтали (рисунок 2.12а).

Сила трения полевых досок о стенку борозды:

$$F_{\text{пд}} = fR_Y, \quad (2.34)$$

где R_Y – сила, действующая на полевую доску, Н (рисунок 2.12б).



а) в плоскости XOZ ; б) в плоскости XOY

Рисунок 2.12 – Схема к определению сил, действующих на рабочие органы корпуса плуга

Сила трения почвы о полевые доски $F_{\text{пд}}$ прикладывается к полевой доске корпуса в точке K на расстоянии $l_{\text{п}} = 400$ мм от носка лемеха и на высоте $C_k = 50$ мм от дна борозды для корпусов шириной захвата до 35 см включительно и $C_k = 80$ мм для корпусов шириной захвата более 35 см (рисунок 2.12а).

$$R_Y = R_X \text{ctg}(\gamma_0 + \varphi). \quad (2.35)$$

Реакция почвы на опорное колесо плуга:

$$N_k = \frac{R_{kz}}{\cos \mu}, \quad (2.36)$$

где μ – угол сопротивления качению.

Сила N_k прикладывается к ободу опорного колеса под углом μ к вертикали по направлению к оси колеса O (рисунок 2.13).

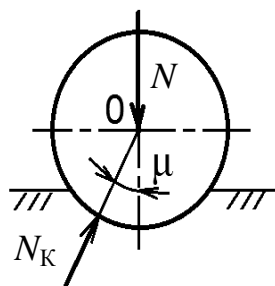


Рисунок 2.13 – Схема к определению реакции на опорное колесо

На лезвие ножа действуют силы сжатия почвы и сопротивления ее трению по боковым поверхностям. Равнодействующая этих сил сводится к результирующей R , направленной по радиусу под углом δ_n к центру диска (рисунок 2.14).

Составляющая R_x определяет тяговое сопротивление ножа. Ее значение зависит от удельного сопротивления k_n почвы. При $k_n = 40$ кПа сила $R_x = 0,7...0,9$ кН; $k_n = 60$ кПа – $R_x = 1,2...5,0$ кН; $k_n = 80$ кПа – $R_x = 1,8...2,2$ кН.

Вертикальная составляющая $R_y = 1,2R_x$.

Угол δ_n результирующей R :

$$\delta_n = \arctg \frac{R_x}{R_y}. \quad (2.37)$$

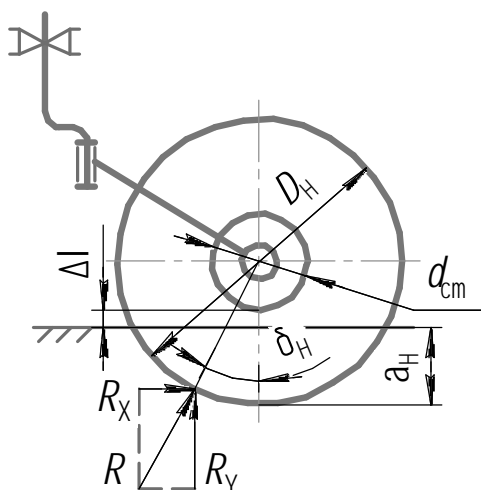


Рисунок 2.14 – Схема к определению угла δ_n

Результирующая R :

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}. \quad (2.38)$$

Перечисленные силы нанести на проекцию схемы плуга в продольно-вертикальной плоскости (рисунок 2.15).

Для определения усилия создаваемого гидроцилиндром навески трактора, необходимого для перевода плуга из рабочего положения наложить на схему плуга навешенного на навесную систему трактора план скоростей, повернутый на 90° , приняв за полюс плана точку A , выбрав за масштаб плана угловую скорость ω звена AB_1 и определить на плане концы векторов скоростей h, e, o, m, k точек H, E, O, M, K .

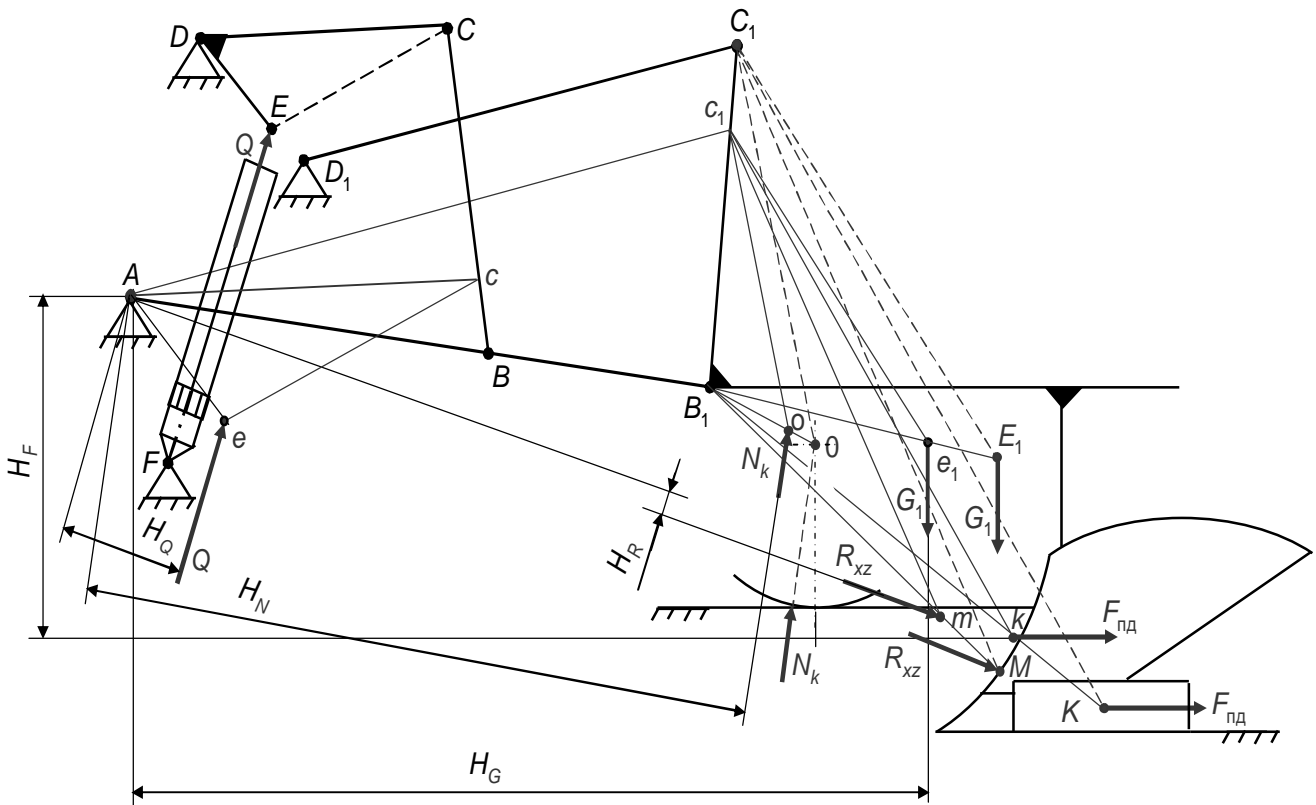


Рисунок 2.15 – Схема к определению усилия, необходимого для перевода плуга из рабочего в транспортное положение

Для определения скорости точки h :

- принять за полюс плана скоростей точку A ;
- принять скорости точек A и D равными нулю, т. к. они жестко связаны с навеской трактора;
- провести прямую Ac , параллельную звену DC , до пересечения со звеном BC (направление вектора V_{CB});
- из полюса A провести линию параллельно звену DE (направление вектора V_{CE});
- из точки c провести линию параллельно CE (направление вектора V_{CE}); на пересечении с линией, параллельной DE , получим точку e , определяющую скорость точки E (конец вектора V_{CE}).

Приложить в точку e силу Q .

Для определения скорости точки e_1 :

- соединить точку E_1 (центр тяжести плуга) с точками B_1 и C_1 – получим треугольник $B_1C_1E_1$ – жесткое звено плуга;
- из полюса A провести прямую Ac_1 параллельно звену D_1C_1 до пересечения со звеном B_1C_1 (направление вектора $V_{C_1B_1}$);

– из точки C_1 провести линию c_1e параллельно C_1E_1 до пересечения с линией B_1E треугольника B_1C_1E в точке e , определяющей скорость точки E_1 (направление вектора $V_{E_1C_1}$).

– приложить в точку e_1 силу $G_{\text{ПЛУГА}}$.

Аналогично определить положение точек o, m, k и приложить силы $N_K, R_{XZ}, F_{\text{пд}}$.

Обозначить плечи $H_R, H_G, H_{NK}, H_{R_{XZ}}, H_{\text{пд}}$ действия сил $Q, G_{\text{ПЛУГА}}, N_K, R_{XZ}, F_{\text{пд}}$ относительно полюса A .

Составить уравнение моментов сил $Q, G_{\text{ПЛУГА}}, N_K, R_{XZ}, F_{\text{пд}}$ относительно полюса A :

$$\sum m_A = 0;$$

$$QH_Q - G_{\text{ПЛУГА}}H_G + N_KH_{NK} \pm R_{XZ}H_{R_{XZ}}F_{\text{пд}}H_{\text{пд}} = 0.$$

Определить усилие, действующее в штоке гидроцилиндра навески трактора при переводе перевода плуга из рабочего в транспортное положение в начальный момент с учетом действующих сил на рабочие и вспомогательные органы:

$$Q = \frac{G_{\text{ПЛУГА}}H_G + N_KH_{NK} + R_{XZ}H_{XZ} + F_{\text{пд}}H_{\text{пд}}}{H_Q}. \quad (2.39)$$

Сравнить значение усилия, необходимого для перевода плуга из транспортного в рабочее, с усилием, развиваемым гидроцилиндром трактора. Дать краткий анализ полученных данных.

3 Определение основных параметров и производительности зерноуборочного комбайна в зависимости от эксплуатационных условий

Учебно-методическое пособие предусматривает возможность выполнения курсовой работы по исходным данным по одной из 12 марок зерноуборочных комбайнов: КЗС–7, «Лида–1300», КЗС–10К, КЗС–1218, КЗС–1420, КЗС–1624, СК–5МЭ–1 «Нива–Эффект», «Дон–1200», «Дон–1500Б», ACROS 530, ACROS 580, VECTOR 410.

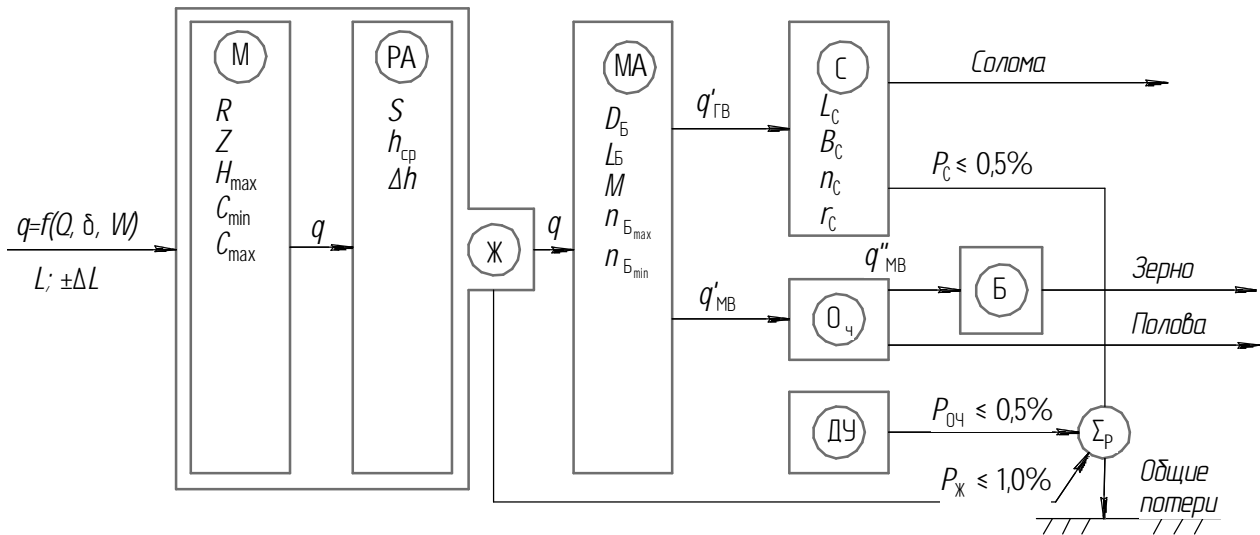
Задачей курсовой работы является определение рабочей скорости и производительности зерноуборочных машин, сепарирующей способности, основных конструктивных и регулировочных параметров в зависимости от урожайности и условий работы, заданных согласно варианту [7, 8, 10...14].

Курсовая работа выполняется для конкретной марки машины в соответствии с заданием. Работа включает графическую часть объемом до 2 листов формата А1 и 25...35 страниц печатного текста расчетно-пояснительной записки на листах формата А4. Схема технологического процесса рабочего органа (структурно-технологическая модель) должна включать заданные и вычисленные конструктивные и регулировочные параметры. На технологической схеме машины необходимо вычертить в масштабе разработанные рабочие органы.

Структурная схема технологического процесса комбайна (структурно-технологическая модель) должна состоять из исходных данных, показателей настройки зерноуборочного комбайна на заданные, расчетные, конструктивные и регулировочные параметры рабочих органов (рисунок 3.1).

Хлебная масса с поля поступает на рабочие органы зерноуборочного комбайна, которые должны быть согласованы между собой по производительности. Однако изменение условий уборки (влажности, урожайности, соотношения зерна и соломы и др.) неодинаково влияет на пропускную способность рабочих органов (мотовила, режущего аппарата, молотильного аппарата, соломотряса, очистки), поэтому их работу необходимо согласовать при соблюдении агротехнических требований [8, 14].

Ежесекундно на рабочие органы жатки поступает хлебная масса q (секундная подача, кг/с), которая направляется в молотильный аппарат (МА). За счет удара бичей барабана и протаскивания массы между барабаном и подбарабаньем происходит выделение зерна из колоса и первый этап разделения хлебной массы на мелкий ворох $q'_{\text{мв}}$ (просеиваемый через решетку подбарабанья) и грубый ворох $q'_{\text{гв}}$ (солома, полова и непросеянное через подбарабанье зерно).



М – мотовило; РА – режущий аппарат; Ж – жатка; МА – молотильный аппарат;
 С – соломотряс; Оч – очистка; ДУ – домолачивающее устройство; Б – зерновой бункер;
 Σp – общие потери зерна

Рисунок 3.1 – Структурная схема технологического процесса работы зерноуборочного комбайна

Мелкий ворох с помощью транспортной доски поступает на очистку (Оч), а грубый – на соломотряс (С). Соломотряс выделяет из соломы (грубого вороха) мелкий ворох $q''_{\text{МВ}}$ и направляет его на очистку (рисунок 3.2). На очистку поступает следующее количество:

$$q_{\text{МВ}} = q'_{\text{МВ}} + q''_{\text{МВ}} \quad (3.1)$$

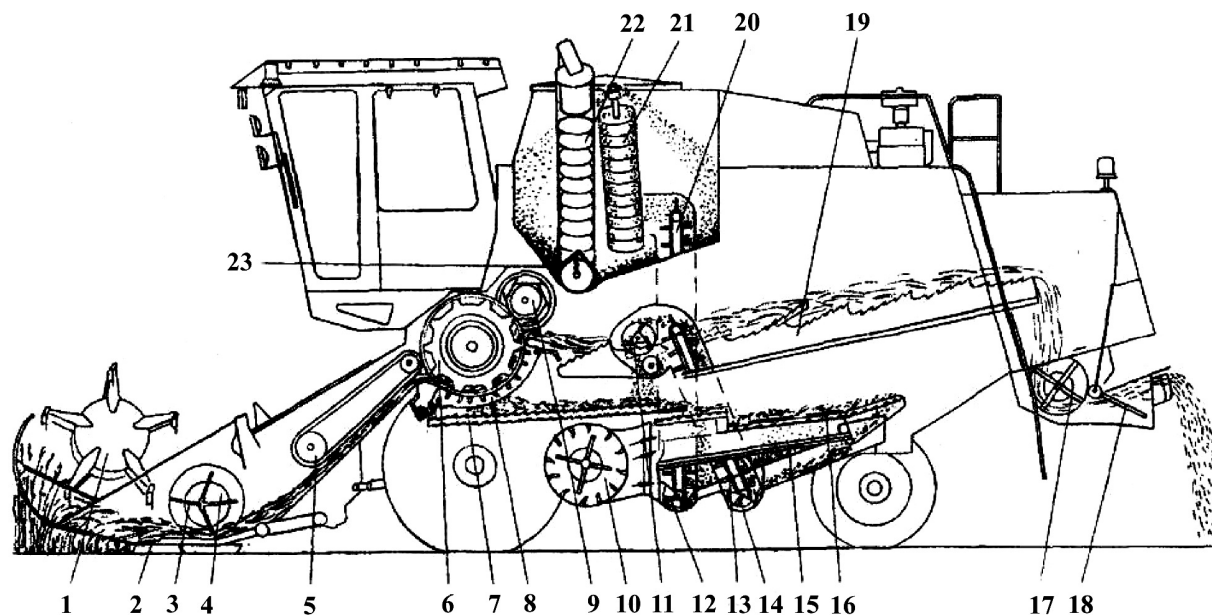
На очистке из мелкого вороха выделяется зерно (q_3), которое поступает в бункер. Чистота зерна, поступающего в бункер с очистки, согласно агротребованиям должна быть не менее 95 %.

При выполнении технологического процесса часть зерна теряется. Суммарные потери при выполнении технологического процесса:

$$\Sigma p = \rho_{\text{ж}} + \rho_{\text{с}} + \rho_{\text{о}}, \quad (3.2)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ – потери за жаткой ($\rho_{\text{ж}} \leq 1 \%$);
 $\rho_{\text{с}}$ – потери за соломотрясом ($\rho_{\text{с}} \leq 0,5 \%$);
 $\rho_{\text{о}}$ – потери за очисткой ($\rho_{\text{о}} \leq 0,5 \%$).

Суммарные потери за комбайном не должны превышать согласно агротехническим требованиям 2,0 %.



- 1 – мотовило; 2 – режущий аппарат; 3 – пальчиковый механизм; 4 – шнек;
 5 – транспортер наклонной камеры; 6 – барабан молотильный; 7 – страстная доска;
 8 – подбарабанье; 9 – отбойный битер; 10 – вентилятор; 11 – домолачивающее устройство;
 12 – шнек зерновой; 13 – элеватор колосовой; 14 – шнек колосовой;
 15 – нижний решетный стан; 16 – верхний решетный стан; 17 – соломоизмельчитель;
 18 – дефлектор; 19 – соломотряс; 20 – элеватор зерновой; 21 – шнек загрузочный;
 22 – шнек выгрузной поворотный; 23 – шнек горизонтальный

Рисунок 3.2 – Схема технологического процесса зерноуборочного комбайна

Структурно-технологическая схема рабочего процесса зерноуборочного комбайна выполняется студентом с учетом параметров рабочих органов комбайна, в соответствии с исходными данными и расчетами. Основные параметры рабочих органов приводятся в расчетно-пояснительной записке и графической части курсовой работы.

Из рабочих органов зерноуборочного комбайна наиболее производительными являются мотовило и режущий аппарат, а пропускная способность (секундная подача) и, следовательно, производительность молотильного аппарата зависят от параметров и режимов работы соломотряса и очистки. Если один из этих рабочих органов будет перегружен, то технологический процесс комбайном не будет выполняться в соответствии с агротехническими показателями.

Целью анализа показателей выполнения технологического процесса комбайном является определение пропускной способности рабочих органов при допустимых потерях. По наименьшему значению $[q]_{\text{ф min}}$ определяется рабочая скорость и производительность комбайна. Алгоритм расчета рабочей скорости и производительности зерноуборочного комбайна приведен на рисунке 3.3.

Соломотряс предназначен для выделения зерна из грубого вороха, а система очистки – из мелкого вороха. В комбайнах с классической схемой молотильно-сепарирующего устройства для выделения зерна из грубого вороха наиболее распространены клавишные соломотрясы. Они подбрасывают, вспушивают и растаскивают ворох, а также транспортируют солому к соломонабивателю или измельчителю. Клавишные соломотрясы имеют четыре или пять клавиш. Корпус клавиш шарнирно соединен с двумя коленчатыми валами одинакового радиуса колен r_c . Валы и клавиши образуют четырехзвенный параллелограммный механизм. Каждая точка клавиши совершает плоскопараллельное движение по окружности радиуса r_c .

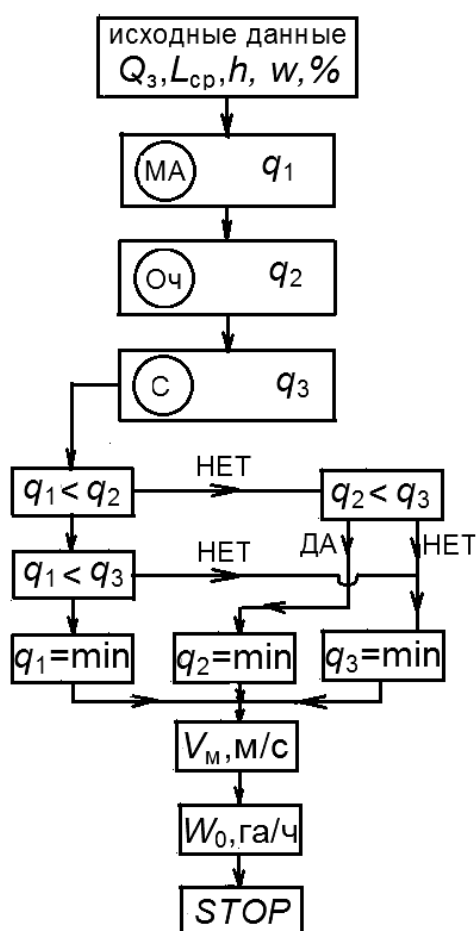


Рисунок 3.3 – Алгоритм расчета производительности зерноуборочного комбайна для заданных условий уборки

3.1 Определение пропускной способности соломотряса и очистки

При аттестации зерноуборочных комбайнов указывается номинальная пропускная способность молотилки q_n , соответствующая уборке прямостоящей

пшеницы продовольственного или фуражного назначения с показателями: влажность – 15...18 %, масса 1000 зерен – не менее 40 г, длина срезанных стеблей – 0,70...0,90 м, коэффициент соломистости хлебной массы $\beta_0 = 0,60$ и засоренности – не более 1 %.

Отношение незерновой части урожая к общему количеству хлебной массы характеризуются коэффициентом соломистости:

$$\beta = m_c / (m_z + m_c), \quad (3.3)$$

где m_c – масса незерновой части срезанных стеблей (солома), г;

m_z – масса зерна, г.

Содержание зерна в хлебной массе оценивается коэффициентом

$$\delta = m_z / (m_z + m_c). \quad (3.4)$$

Коэффициенты между собой связаны зависимостью

$$\delta = 1 - \beta. \quad (3.5)$$

В условиях, отличных от номинальных, фактическая пропускная способность q_{ϕ} молотильного аппарата зависит от вида убираемой культуры, соотношения зерна и незерновой части хлебной массы, засоренности, влажности и других показателей культуры. Влияние указанных факторов учитывается коэффициентом использования номинальной пропускной способности молотильного аппарата – σ . С увеличением засоренности и влажности хлебной массы его величина уменьшается. В зависимости от урожайности численное значение коэффициента σ изменяется от 0,25 до 1,5. Чем больше масса 1000 зерен, тем выше значение σ .

Фактическая пропускная способность молотильного аппарата зависит от входных показателей:

вида убираемой культуры;

Q_z , – урожайности зерна, ц/га;

M – числа бичей молотильного барабана, шт.;

L_6 – длины молотильного барабана, м;

q_0 – допустимой удельной нагрузки на единицу длины бича, кг/м·с;

β – коэффициента соломистости хлебной массы;

β_0 – эталонного значения коэффициента соломистости (при разработке конструкций молотилок зерноуборочных комбайнов и оценке их работы принимают $\beta_0 = 0,60$);

σ – коэффициента использования пропускной способности комбайна;

w – влажности хлебной массы, %;

ε – коэффициента сепарации зерна декой;

ψ – коэффициента засоренности ($\psi = m_m / m_b$ – отношение массы мякины к массе вороха, поступающего на очистку).

Допустимая подача хлебной массы в молотильный аппарат при номинальной пропускной способности комбайна и эталонной соломиности:

$$[q] = q_0 M L_6. \quad (3.6)$$

Если при уборке в молотильный аппарат хлебная масса поступает с показателями, отличными от эталонных, тогда фактическая пропускная способность молотильного аппарата

$$[q_{ма}]_ф = [q] (1 - \psi) \sigma \beta / \beta_0. \quad (3.7)$$

Полученное расчетным путем значение фактической пропускной способности молотильного аппарата необходимо увязать с пропускной способностью соломотряса и очистки и выбрать наименьшую из них.

Система очистки зерноуборочного комбайна состоит из колеблющихся решет, расположенных на двух уровнях, и вентилятора, создающего воздушный поток для выделения легких примесей из зерна.

Режим работы соломотряса оценивается показателем кинематического режима k . От этого показателя зависит дальность S и скорость $V_{ср}$ перемещения вороха вдоль клавиши соломотряса. С повышением скорости толщина $[h_c]$ слоя соломы увеличивается, а время пребывания ее на соломотрясе – уменьшается. При уменьшении толщины слоя соломы на соломотрясе сепарация повышается.

Работа соломотряса и системы очистки определяется следующими параметрами:

n_c – частотой вращения коленчатого вала соломотряса, мин⁻¹;

r_c – радиусом коленчатого вала соломотряса, м;

L_c – длиной соломотряса, м;

B_c – общей шириной соломотряса, м;

F_p – площадью сепарирующей поверхности решет очистки, м²;

α – углом наклона клавиши к горизонту, град;

$q_{оч}$ – допускаемой нагрузкой на 1 м² сепарирующей поверхности решета, кг/(сжм²);

g – объемной массой соломы, кг/м³;

m_0 – номинальным значением коэффициента сепарации, равным 1,8 м⁻¹ при толщине слоя соломы h_{oc} ;

k_0 – коэффициентом, характеризующим работу соломотряса и очистки в зависимости от влажности.

Для определения фактической загрузки молотильного аппарата в зависимости от параметров соломотряса при допустимом коэффициенте потерь необходимо определить следующее:

– угловую частоту вращения ω коленчатого вала соломотряса:

$$\omega = (\pi n_c) / 30; \quad (3.8)$$

– кинематический режим работы соломотряса:

$$k = (\omega^2 r_c) / g; \quad (3.9)$$

– коэффициент C , учитывающий запаздывание подбрасывания соломы:

$$C = 0,5 (1 + k); \quad (3.10)$$

– угол отрыва (подбрасывания) соломы от клавиши:

$$\omega t_0 = \arcsin[(C \cos \alpha) / k]. \quad (3.11)$$

Траектория полета частицы соломы после отрыва от клавиши описывается системой уравнений 3.12 в координатах xAy с началом в точке A (рисунок 3.5).

$$\begin{cases} \ddot{x}_i = \omega r (\sin \omega t_0) D t_i - \frac{g \sin \alpha}{2} D t_i^2 \\ \ddot{y}_i = \omega r (\cos \omega t_0) D t_i - \frac{g \cos \alpha}{2} D t_i^2 \end{cases} \quad (3.12)$$

Для определения Δt необходимо рассчитать время перемещения соломы за одно подбрасывание:

$$t = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (3.13)$$

Откуда

$$Dt_i = \frac{t}{m}, \quad (3.14)$$

где m – количество точек, необходимых для построения траектории движения соломы ($m = 7$).

Результаты расчетов представить в табличной форме (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Параметры траектории движения соломы по клавише соломотряса

Параметры	$t_1 = Dt_i$	$t_2 = 2Dt_i$	$t_3 = 3Dt_i$	$t_4 = 4Dt_i$	$t_5 = 5Dt_i$	$t_6 = 6Dt_i$	$t_7 = 7Dt_i$
	секунд						
	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21
$\omega r_c (\sin \omega t_0) \Delta t_i$							
$\frac{g \sin \alpha}{2} Dt_i^2$							
x_i , мм							
$\omega r_c (\cos \omega t_0) \Delta t_i$							
$\frac{g \cos \alpha}{2} Dt_i^2$							
y_i , мм							
$\varphi_i = \omega \Delta t_i$							

Для определения траектории перемещения соломы по клавише соломотряса необходимо:

- вычертить окружность радиусом r_c колена вала соломотряса;
- через ось O вращения коленчатого вала под углом α (угол наклона клавиши к горизонту) провести ось Ox_1 , от нее отложить угол ωt_0 отрыва соломы от клавиши и отметить точку A ;
- начало координат расположить в точке A (ось x направить параллельно положению клавиши, а ось y – перпендикулярно к ней);
- отложить от OA углы $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_7$ в соответствии с результатами расчетов (таблица 3.1) и обозначить точки $1', 2', 3', \dots, m'$;
- по координатам x_i и y_i построить траекторию перемещения частицы соломы.

Клавиша совершает плоскопараллельное движение, а колено вала – круговое и последовательно будет занимать положения $1', 2', 3', \dots, m'$. В эти моменты времени солома, находясь в полете, будет находиться соответственно в точках $1, 2, 3, \dots, m$.

Для определения положения клавиши в момент падения на нее соломы необходимо провести интерполяцию. С этой целью (рисунок 3.4) необходимо провести линии через точки 4; 4φ и 5; 5φ (для варианта, представленного на рисунке 3.5) до их пересечения и через эту точку провести линию, параллельную клавише (под углом α к горизонту). Расстояние между точками a и b есть перемещение соломы за одно подбрасывание.

Средняя скорость соломы за одно подбрасывание:

$$V_{cp} = (S n_c) / 60, \quad (3.15)$$

где S – перемещение соломы за одно подбрасывание, м.

Фактическое значение коэффициента m сепарации, при котором произойдет полное выделение оставшегося в соломе зерна на соломотрясе:

$$\mu = (1 / L_c) \ln [10^2(1 - \varepsilon) / p_c], \quad (3.16)$$

где ε – коэффициент сепарации зерна декой молотильного аппарата.

Коэффициент сепарации зерна декой ε находится в пределах 0,85...0,95.

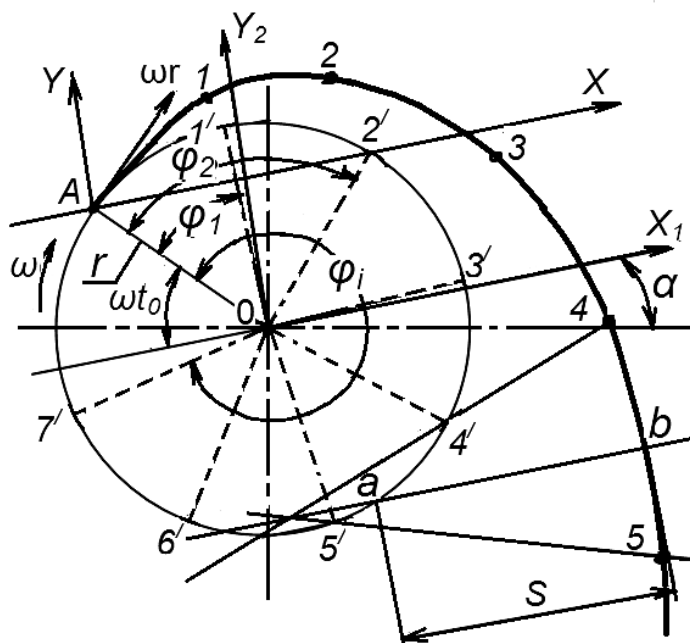


Рисунок 3.4 – Схема к определению перемещения соломы по соломотрясу

Максимально допустимая толщина $[h_c]$ слоя соломы, при которой обеспечивается сепарация зерна соломотрясом при допустимых потерях:

$$[h_c] = h_{oc} m \sqrt{\frac{\mu_0}{\mu}}, \quad (3.17)$$

где m_0 – номинальное значение коэффициента сепарации, равное $1,8 \text{ м}^{-1}$ при толщине слоя соломы ($h_{oc} = 0,2 \text{ м}$);

m – показатель степени ($m = 0,8 \dots 1,2$).

Большие значения m принимают для легких условий. При увеличении коэффициента соломистости β и абсолютной влажности W показатель m должен быть уменьшен, и наоборот.

Пропускная способность соломотряса $[q_{гв}]_{\max}$ по грубому вороху при максимально допустимой толщине слоя соломы:

$$[q_{гв}]_{\max} = B_c V_{cp} \gamma [h_c], \quad (3.18)$$

где B_c – ширина соломотряса, м (приложение Б, таблица Б.1);

γ – объемная масса соломы, $\text{кг}/\text{м}^3$ (приложение Б, таблица Б.2).

Фактическая пропускная способность $[q_c]_{\text{ф}}$ комбайна по соломотрясу (максимально допустимая подача хлебной массы в молотилку по технологическим возможностям соломотряса):

$$[q_c]_{\text{ф}} = [q_{гв}]_{\max} / \beta = \{B_c V_{cp} \gamma [h_c]\} / \beta. \quad (3.19)$$

Допустимая максимальная загрузка $[q_{мв}]_{\max}$ очистки по мелкому вороху, обеспечивающая процесс выделения зерна с учетом агротехнических требований:

$$[q_{мв}]_{\max} = q_{оч} F_p, \quad (3.20)$$

где F_p – площадь сепарирующей поверхности решет очистки, м^2 (приложение Б, таблица Б.1);

$q_{оч}$ – допускаемая нагрузка на 1 м^2 сепарирующей поверхности верхнего решета, $\text{кг}/\text{сж}^2$ (приложение Б, таблица Б.2).

Фактическая пропускная способность комбайна по очистке грубого и мелкого вороха (максимально допустимая подача хлебной массы в молотилку с учетом пропускной способности очистки) $[q_{оч}]_{\text{ф}}$

$$[q_{оч}]_{\text{ф}} = \{[q_{мв}]_{\max} - [q_{гв}]_{\max} (1 - \varepsilon k_0)\} / [(1 - \beta k_0) \varepsilon], \quad (3.21)$$

где k_0 – коэффициент, характеризующий работу соломотряса и очистки в зависимости от влажности (приложение Б, таблица Б.2).

Сравнить фактическую пропускную способность комбайна по молотильному аппарату $[q_{\text{ма}}]_{\text{ф}}$, соломотрясу $[q_{\text{с}}]_{\text{ф}}$ и очистке $[q_{\text{оч}}]_{\text{ф}}$, выбрать из них наименьшее значение, обозначив его как $[q]_{\text{ф min}}$. По выбранной фактической минимальной пропускной способности комбайна определить рабочую скорость машины с учетом предварительно принятой ширины B захвата жатки.

$$V_{\text{м}} = \{[q]_{\text{ф min}} (1 - \beta)\} / (0,01 Q_3 B). \quad (3.22)$$

Ширина захвата жатки выбирается исходя из комплектации комбайна жатками так, чтобы обеспечивалась максимальная производительность при допустимой скорости передвижения комбайна на рабочем ходу ($V_{\text{м доп}} = 0,8 \dots 2,2$ м/с).

Производительность комбайна за 1 час рабочего времени:

$$W_0 = 0,36BV_{\text{м}}, \quad (3.23)$$

где $V_{\text{м}}$ – рабочая скорость машины, м/с.

3.2 Определение параметров мотовила в зависимости от состояния убираемой массы

Мотовило предназначено для подвода стеблей к режущему аппарату, удержания их в период среза и подачи их к транспортирующим устройствам жатки. Качество работы мотовила зависит от радиуса R , высоты H расположения оси мотовила над режущим аппаратом, выноса оси C' по отношению к режущему аппарату и показателя кинематического режима λ . Значение показателя кинематического режима λ определяется как отношение окружной скорости планки мотовила к поступательной скорости машины:

$$\lambda = \omega_{\text{м}} R / V_{\text{м}}. \quad (3.24)$$

Среднее значение показателя кинематического режима:

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{1,6R(1+l_{\text{ср}})}{1,6R(1+l_{\text{ср}}) - l_{\text{ср}}^2}, \quad (3.25)$$

где R – радиус мотовила, м (приложение Б, таблица Б.1);

$l_{\text{ср}}$ – длина срезаемой части стебля, м.

Длина срезаемой части стебля:

$$l_{\text{ср}} = L_{\text{ст}} - h_{\text{ср}}, \quad (3.26)$$

где $L_{\text{ст}}$ – высота хлебостоя, м;

$h_{\text{ср}}$ – высота среза, м.

Значение показателя кинематического режима в зависимости от предельных значений длин срезаемой части хлебостоя:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{1,6R(1 + l_{\text{ср max}})}{1,6R(1 + l_{\text{ср max}}) - l_{\text{ср max}}^2}; \quad (3.27)$$

$$\lambda_{\text{min}} = \frac{1,6R(1 + l_{\text{ср min}})}{1,6R(1 + l_{\text{ср min}}) - l_{\text{ср min}}^2}, \quad (3.28)$$

где $l_{\text{ср max}}$ – максимальная длина срезаемой части стебля, м;

$l_{\text{ср min}}$ – минимальная длина срезаемой части стебля, м.

Максимальная и минимальная длина срезаемой части стебля:

$$l_{\text{ср max}} = L_{\text{max}} - h_{\text{min}}; \quad (3.29)$$

$$l_{\text{ср min}} = L_{\text{min}} - h_{\text{max}}, \quad (3.30)$$

где $L_{\text{max}}, L_{\text{min}}$ – соответственно максимальная и минимальная высота стеблестоя, м;

$h_{\text{max}}, h_{\text{min}}$ – соответственно максимальная и минимальная высота среза хлебостоя, м.

В расчетах принимаем $L_{\text{max, min}} = L_{\text{ст}} \pm (0,2 \dots 0,3)$ м, $h_{\text{max, min}} = h_{\text{ср}} \pm 0,05$ м, или используем данные, приведенные в задании на курсовую работу:

$$L_{\text{max}} = L_{\text{ст}} + \Delta L_{\text{ст}}, \quad L_{\text{min}} = L_{\text{ст}} - \Delta L_{\text{ст}}; \quad (3.31)$$

$$h_{\text{max}} = h_{\text{ср}} + \Delta h_{\text{ср}}, \quad h_{\text{min}} = h_{\text{ср}} - \Delta h_{\text{ср}}. \quad (3.32)$$

Определить максимально допустимое значение показателя кинематического режима из условия обеспечения выделения зерна из колоса планкой мотовила

в момент взаимодействия ее с колосом и сравнить с предельно допустимым значением показателя кинематического режима $l_{пр}$ при принятой скорости комбайна со значением l_{max} , рассчитанным по выражению 3.27.

$$\lambda_{пр} = \sqrt{(V_y + V_M)^2 + 1}, \quad (3.33)$$

где V_y – допустимая скорость удара планки мотовила, м/с (рисунок 3.5);

V_M – скорость машины, м/с.

Для дальнейших расчетов принять наименьшее значение λ .

Пределы изменения частоты вращения вала мотовила с учетом значений показателя кинематического режима l_{min} и l_{max} :

$$n_{M\ min} = (30 \lambda_{min} V_M) / \pi R; \quad (3.34)$$

$$n_{M\ max} = (30 \lambda_{max} V_M) / \pi R. \quad (3.35)$$



Рисунок 3.5 – Значение допустимой скорости удара планки мотовила по зерну от его влажности

Сравнить полученные значения $n_{M\ min}$ и $n_{M\ max}$ с техническими параметрами привода мотовила и сделать вывод о возможности обеспечения пределов частоты вращения мотовила при принятой скорости V_M движения комбайна.

Высота установки оси мотовила:

$$H_{cp} = L_{ст} - h_{cp} + R / \lambda_{cp}. \quad (3.36)$$

Пределы регулирования мотовила по высоте относительно режущего аппарата в зависимости от состояния стеблестоя:

$$H_{\min} = L_{\min} - h_{\max} + R / \lambda_{\max}; \quad (3.37)$$

$$H_{\max} = L_{\max} - h_{\min} + R / \lambda_{\min}. \quad (3.38)$$

Максимальное значение высоты установки мотовила над режущим аппаратом, определенное по формуле (3.36), необходимо проверить на соответствие условия воздействия планки мотовила на срезанные части стеблей выше центра тяжести, но ниже колоса:

$$H_{\max} \geq R + k' (L_{\max} - h_{\min}), \quad (3.39)$$

где $k\phi = 2/3$ длины срезаемой части стеблей для прямостоящего нормального и высокого хлебостоя и $k\phi = 1/2$ – для короткостебельного хлебостоя.

В момент нахождения оси мотовила в нижнем положении должен соблюдаться зазор между планкой и режущим аппаратом с целью исключения возможности попадания планки в режущий аппарат.

Минимальная высота установки оси мотовила проверяется на обеспечение минимально допустимого зазора между планкой мотовила и режущим аппаратом:

$$H_{\min} > R + (0,10...0,15). \quad (3.40)$$

Величина перемещения оси мотовила по высоте относительно режущего аппарата по вертикали:

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min}. \quad (3.41)$$

Сравнить результаты расчетов с техническими характеристиками жатки и дать заключение.

Построить траекторию перемещения конца планки мотовила для показателей $L_{\text{ср}}$, $h_{\text{ср}}$ и $l_{\text{ср}}$ (рисунок 3.6).

Для этого:

– в выбранном масштабе вычертить окружность радиусом R мотовила и разделить ее на 12 равных частей, обозначив точки 1, 2, 3, ..., 12;

– определить путь, пройденный комбайном за время одного оборота мотвила:

$$S_0 = \frac{2\pi R}{\lambda_{\text{ср}}}; \quad (3.42)$$

- разделить S_0 на 12 равных частей и обозначить точками $1', 2', 3', \dots, 12'$;
- из точек $0, 1, 2, \dots, 12$ провести прямые линии параллельно направлению движения оси мотвила, а из точек $0, 1', 2', 3', \dots, 12'$ – радиусом R сделать засечки на соответствующих прямых, проведенных через точки $0, 1, 2, \dots, 12$;
- полученные методом засечек точки $0, 1'', 2'', 3'', \dots, 12''$ соединить плавной кривой, которая является траекторией (трохоидой) перемещения планки мотвила.

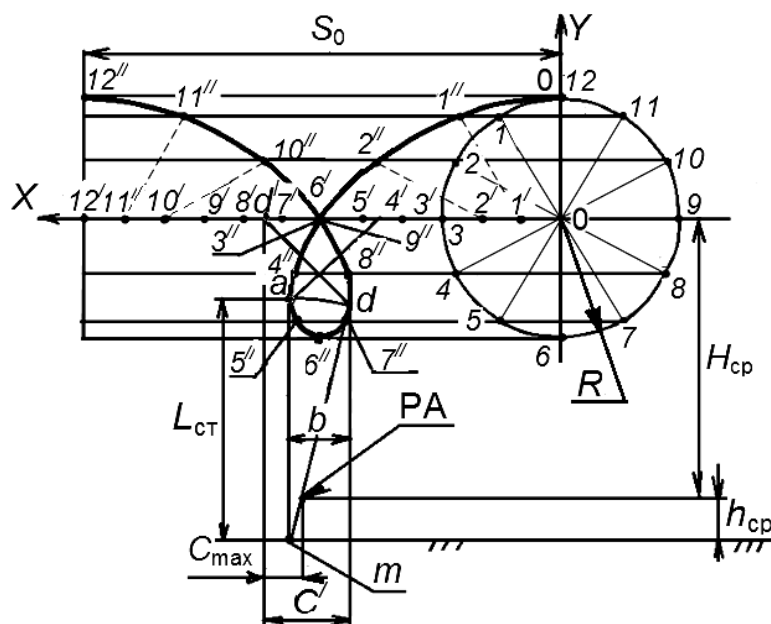


Рисунок 3.6 – Схема для определения показателей работы мотвила

Графически определить теоретическую ширину b полосы стеблей, срезаемых под воздействием планки, и вынос C' оси мотвила относительно режущего аппарата.

Для этого необходимо:

- провести линию, представляющую поверхность поля, на расстоянии $H_{\text{ср}} + h_{\text{ср}}$ от линии перемещения оси мотвила;
- определить положение стебля в момент входа планки мотвила в хлебостой, для чего провести касательную к петле трохоиды, обозначить точку m и от нее отложить величину ma , равную длине стебля $L_{\text{ст}}$;

– из точки m радиусом, равным $L_{ст}$, провести дугу до пересечения со второй ветвью петли трохойды в точке d , которая соответствует выходу планки из стеблестоя.

На полученной схеме обозначить и определить следующие значения:

– теоретическую ширину b полосы стеблей, срезаемых при воздействии планки;

– максимальный вынос оси мотовила по горизонтали C_{max} относительно режущего аппарата, для чего из точки d радиусом R выполнить засечку на линии движения оси мотовила (точка d') и измерить расстояние по горизонтали между точками d' и e (точка e – положение режущего аппарата в момент выхода планки из стеблестоя в точке d);

– расстояние C' , равное проекции отрезка dd' (радиуса R мотовила) на горизонталь.

Коэффициент воздействия мотовила на стеблестой, исходя из ширины b полосы стеблей, срезаемых под воздействием планки, равен

$$\eta = b_d / S_z, \quad (3.43)$$

где S_z – шаг мотовила, м;

$b_d = b\epsilon'$ – ширина полосы стеблей, срезаемых под воздействием планки, с учетом взаимодействия между стеблями, м;

b – фактическая ширина срезаемых стеблей под воздействием планки, м;

$\epsilon' = 1,0 \dots 1,7$ – коэффициент, учитывающий взаимодействие стеблей в зависимости от густоты и высоты стеблестоя, жесткости стеблей и глубины погружения планки в стеблестой. На густом и длинном стеблестое значение коэффициента ϵ' принимать большее, на редком и коротком – меньшее.

Шаг мотовила:

$$S_z = \frac{2\pi R}{z \lambda_{cp}}, \quad (3.44)$$

где z – количество планок, установленных на мотовиле (приложение Б, таблица Б.1), шт.

Коэффициент воздействия мотовила на стеблестой с учетом выноса оси мотовила (C') относительно режущего аппарата:

$$\eta = \frac{e' z}{2\pi} \arcsin \frac{C'}{R} + \sqrt{\lambda_{cp}^2 - 1} - \frac{\pi}{2} + \frac{\lambda_{cp} C'}{R} - \arcsin \frac{C'}{R}. \quad (3.45)$$

Коэффициент воздействия мотвила на стеблестой из условия максимального выноса оси мотвила (C_{\max}):

$$\eta = \frac{\varepsilon' z}{2\pi} \frac{\dot{\varepsilon}}{\ddot{\varepsilon}} \arcsin \frac{\varphi}{\dot{\varepsilon}} \frac{1}{\lambda_{CP}} \frac{\ddot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}} + \sqrt{\lambda_{CP}^2 - 1} - \frac{\pi}{2} + \frac{\lambda_{CP} C_{\max}}{R} - \arcsin \sqrt{1 - \frac{1}{\lambda_{CP}^2}} \frac{\dot{\varepsilon}}{\ddot{\varepsilon}}. \quad (3.46)$$

Коэффициент воздействия мотвила на стеблестой $C' = 0$:

$$\eta = \frac{\varepsilon' z}{2\pi} \frac{\dot{\varepsilon}}{\ddot{\varepsilon}} \arcsin \frac{\varphi}{\dot{\varepsilon}} \frac{1}{\lambda_{CP}} \frac{\ddot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}} + \sqrt{\lambda_{CP}^2 - 1} - \frac{\pi}{2} \frac{\dot{\varepsilon}}{\ddot{\varepsilon}}. \quad (3.47)$$

Оцените влияние выноса оси мотвила на величину коэффициента воздействия планки мотвила на стеблестой.

3.3 Анализ работы сегментно-пальцевого режущего аппарата с механизмом привода Шумахера

Цель анализа – исследовать процесс резания стеблей режущими аппаратами в зависимости от параметров механизма привода и элементов режущей пары. Для этого необходимо:

- установить вид закономерности изменения скорости перемещения сегмента режущего аппарата;
- определить рабочую скорость резания хлебной массы лезвием сегмента и сравнить с допустимой;
- построить графики траектории перемещения режущей кромки сегмента и график пробега активной части лезвия;
- построить диаграммы высоты стерни (по линии mm – у кромки противорежущей пластины пальца; по линии m_1m_1 , смещенной относительно этой кромки на расстояние $0,75 S$).

Современные зерноуборочные комбайны снабжены однопробежными режущими аппаратами нормального резания с одинарным ходом ножа, у которых шаг сегментов t и шаг пальцев t_0 равны между собой, то есть $t = t_0 = 76,2$ мм. При этом ход ножа равен

$$S = kt = kt_0, \quad (3.48)$$

где $k = 1,115$ для привода ножа с механизмом Шумахера.

Параметры сегментов и противорежущей части (пластины) пальца режущего аппарата (рисунок 3.7) приведены в таблице 3.2.

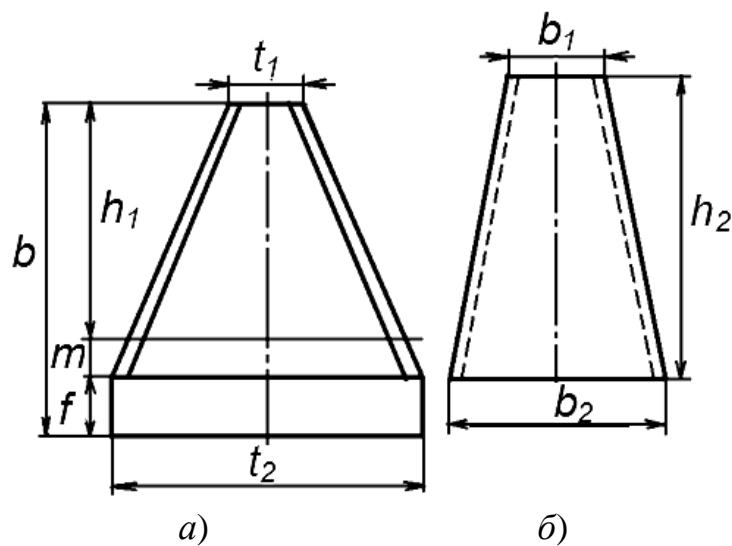
Для привода ножа механизмом Шумахера активная кромка лезвия сегмента

$$H = b - (f + m). \quad (3.49)$$

Механизм привода Шумахера имеет отличительные особенности в закономерности скорости перемещения ножа.

Таблица 3.2 – Размеры сегмента и противорежущей части (пластины) пальца режущего аппарата механизма Шумахера

Механизм привода ножа	Размеры, мм							
	t_1	t_2	f	b_{\perp}	b_2	h_1	h_2	m
Механизм Шумахера	15	76	32	18	22	48	52	0



а) сегмент; б) противорежущая пластина пальца

Рисунок 3.7 – Элементы режущей пары

Исходные данные:

- размеры сегмента и противорежущей пластины пальца;
- шаг сегментов t , шаг пальцев t_0 и ход S ножа;
- рабочая скорость машины V_M , м/с, определенная из условия обеспечения максимальной загрузки рабочих органов;

– частота вращения ведущего вала механизма привода ножа $n_{ш}$ (приложение Б, таблица Б.1).

В жатках с приводом ножа механизмом Шумахера ход S ножа превышает шаг сегментов t и пальцев t_0 :

$$S = 1,115 t = 1,115 t_0 = 85 \text{ мм},$$

где $t = t_0 = 76,2 \text{ мм}$.

Скорость перемещения ножа:

$$U_{шш} = (30 \omega V_p) / \pi n_{ш}. \quad (3.50)$$

Определение скорости начала и конца резания (рисунок 3.8).

Так как процесс резания происходит по принципу ножниц, то начало резания осуществится в момент встречи точки A лезвия AB с противорежущей пластиной пальца в точке A_1 (лезвие займет положение A_1B_1). При дальнейшем движении сегмента вправо режущая кромка, соприкасаясь с противорежущей пластиной пальца, будет защемлять растения и перерезать их. Резание закончится, когда точка B лезвия сегмента встретится с противорежущей пластиной пальца в точке B_2 , а лезвие сегмента AB займет положение A_2B_2 .

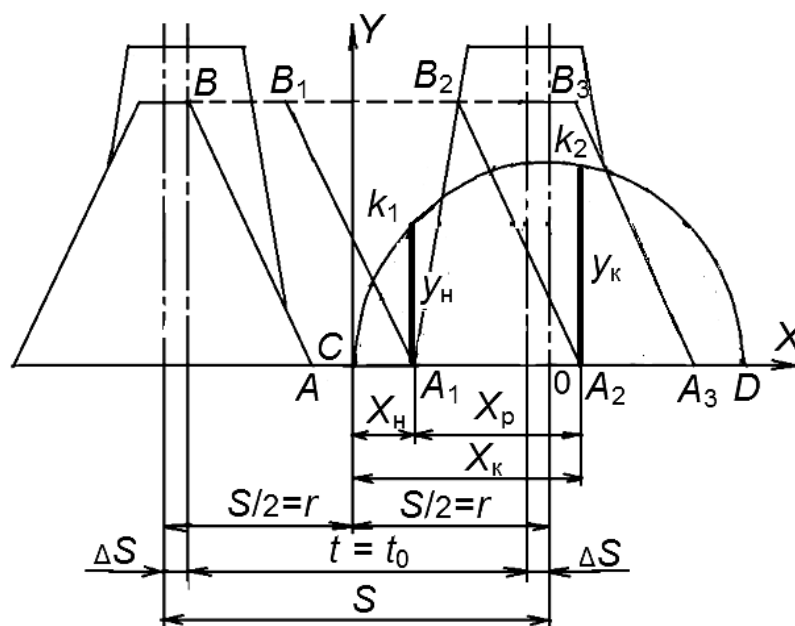


Рисунок 3.8 – Определение скоростей резания для режущего аппарата с приводом Шумахера

Для построения схемы определения скоростей резания необходимо:

- обозначить режущие кромки AB и A_3B_3 сегментов;
 - обозначить положение точек C – начала координат xAy и O – центра полуокружности;
 - провести полуокружность радиусом $r = S / 2$, которая представляет собой закономерность изменения скорости перемещения ножа с масштабным коэффициентом $1/\omega$;
 - переместить режущую кромку AB в положение A_1B_1 ;
 - из точки A_1 восстановить перпендикуляр до пересечения с окружностью в точке k_1 ;
 - обозначить ординату y_n и соответствующее ей перемещение x_n – начало резания;
 - переместить режущую кромку A_1B_1 в положение A_2B_2 ;
 - из точки A_2 восстановить перпендикуляр до пересечения с окружностью в точке k_2 ;
 - обозначить ординату y_k и соответствующее ей перемещение x_k – окончание резания;
 - нанести перемещение x_n ножа до начала резания, x_k – в конце резания и x_p – в течение процесса резания;
 - замерить ординаты y_n и y_k , определить скорости начала и окончания резания.
- Угловая частота вращения ведущего вала $\omega_{ш}$ механизма привода определяется по выражению

$$\omega = \pi n_n / 30, \quad (3.51)$$

где n_n – частота вращения ведущего вала привода режущего аппарата, мин^{-1} .

$$V_{рн} = \omega_{ш} y_n = \omega_{ш} y_{ш} \text{ и } V_{рк} = \omega_{ш} y_k = \omega_{ш} y_{ш}. \quad (3.52)$$

Сравнить полученные значения скорости резания $V_{рн}$ и $V_{рк}$ с допустимыми ($V_p \geq 1,5 \text{ м/с}$).

Построение траектории абсолютного движения точек ножа. Вычертить положение сегментов и пальцев (рисунок 3.9) и, используя закономерность изменения скорости резания (рисунок 3.8), построить траектории абсолютного движения точек режущего аппарата. Для этого:

- определить величину перемещения машины за один ход ножа – подачу на нож – по выражению

$$L = (\pi V_M) / \omega = (30V_M) / n_H; \quad (3.53)$$

– разделить полуокружность на части (не менее 6) и обозначить точки 1, 2, 3, ..., 6 (рисунок 3.9);

– отложить на оси ординат A_2z (по направлению движения комбайна) величину подачи L на нож и разделить ее на 6 частей (как и полуокружность), обозначив соответственно точки 1ϕ $2'$, $3'$, ..., $6'$;

– провести из точек 1, 2, 3, ..., 6 на полуокружности вертикальные линии, а из точек 1ϕ $2'$, $3'$, ..., $6'$ – горизонтальные до их взаимного пересечения в точках, которые и будут промежуточными точками траектории;

– соединить точки кривой, которая представляет собой траекторию перемещения точек активной части лезвия сегмента ножа (AA_1);

– соединить этой траекторией точки B и B_1 .

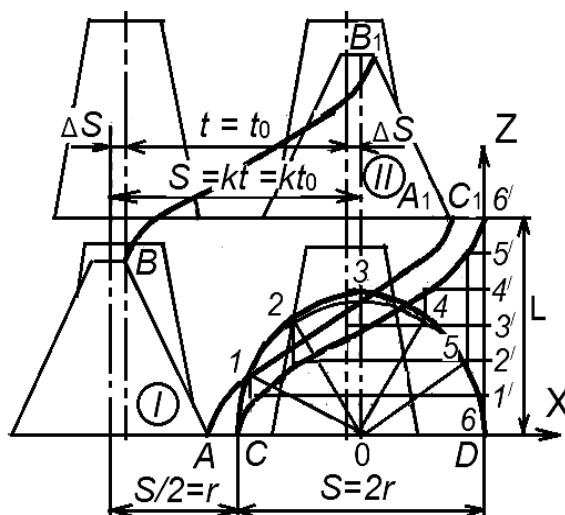


Рисунок 3.9 – Построение траектории абсолютного движения точек сегмента режущего аппарата с приводом Шумахера

Построение диаграммы отгиба стеблей и высоты стерни. Для привода ножа с механизмом Шумахера с исходными данными шаг сегментов и пальцев – $t = t_0 = 76,2$ мм; ход ножа – $S = 85$ мм; $\Delta S = 4,5$ мм.

Вычертить график пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни для стеблей, расположенных по линии mt (рисунок 3.10) или m_1t_1 (рисунок 3.11), Траекторию использовать полученную при построении графика пробега режущей кромки сегмента (рисунок 3.9).

Величина перемещения L машины за один ход ножа определяется по формуле (3.54).

Вычертить график пробега активной части лезвия сегмента:

- на расстоянии S провести осевые линии перемещения двух соседних сегментов режущего аппарата и ширину противорежущей пластины (рисунок 3.10);
- вычертить четыре (I, II, III, IV) положения сегмента на расстоянии L друг от друга;
- используя шаблон траектории абсолютного перемещения точек сегмента (рисунок 3.9), соединить крайние точки соответствующих режущих кромок сегмента;
- определить графически величину угла θ (направление отгиба стеблей), отложив по горизонтали πR , а по вертикали L ;
- отметить точки a, b, c, d, e пересечения траекторий с линией mm ;
- предполагая, что срезаются стебли, растущие по линии mm , графически определить отгибы: поперечный – q_2 и максимальный продольный – q_3 .

Отгиб стеблей. Из графика пробега активной части лезвия сегмента следует, что стебли, которые расположены на отрезках ab и de , срезаются режущей кромкой AB сегмента без отгиба у противорежущей пластины правого пальца при прямом ходе ножа (слева направо из положения I в положение II и из III в IV соответственно). Стебли, расположенные на отрезке bc , отгибаются режущей кромкой CD сегмента при обратном ходе ножа (справа налево – из положения II в положение III) и срезаются с поперечным отгибом q_2 у левого пальца (рисунок 3.10).

Стебли, расположенные на отрезке cd , отгибаются пальцевым брусом вперед по ходу комбайна и срезаются в точке d с разным по величине продольным отгибом, максимальная величина которого равна q_3 . При каждом последующем ходе ножа картина изменения высоты стерни будет циклически повторяться.

Построить диаграмму высоты стерни (рисунок 3.10). Для этого:

- провести линию, соответствующую поверхности поля;
- из точек a, b, c, d и e провести линии до пересечения с поверхностью поля;
- на участках ab и de высота среза должна соответствовать высоте установки режущего аппарата – h (срез осуществляется без отгиба, т. е. $q = 0$);
- для определения высоты стерни при срезе стеблей с отгибом, расположенных на участке bc , отложить величину поперечного отгиба q_2 и определить высоту стерни;
- для определения величины отгиба на участке cd отложить величину продольного отгиба q_3 , разделив на несколько равных по величине частей, и определить высоту стерни с учетом переменной величины отгиба.

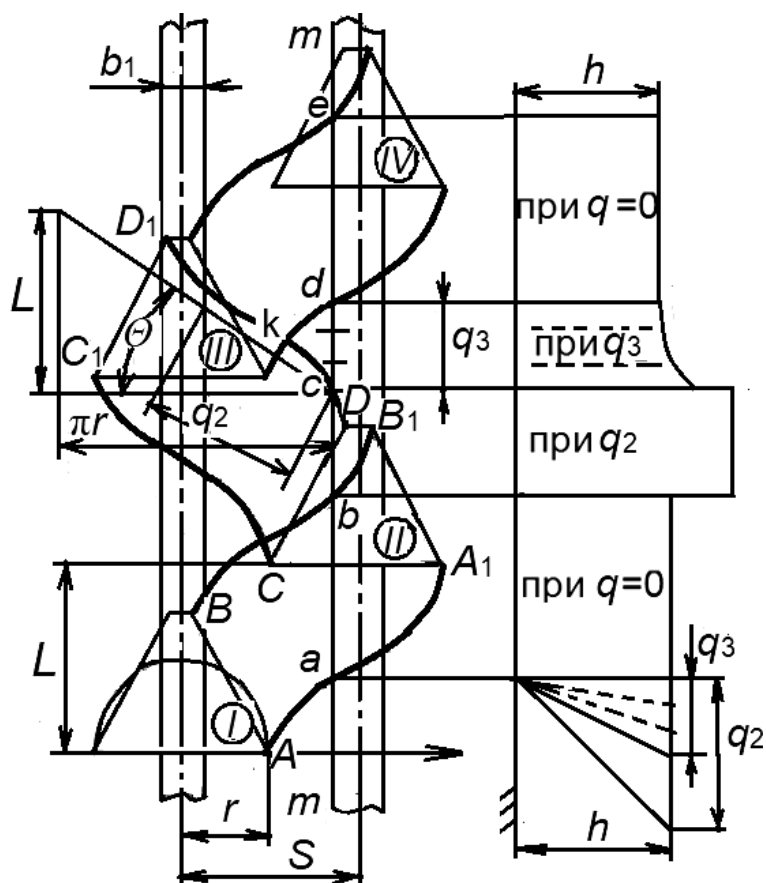


Рисунок 3.10 – Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни для стеблей, растущих по линии mm

Стебли, растущие в треугольнике cdk , срезаются в точке d с разными отгибами при перемещении сегмента из положения III в положение IV.

Для определения величины отгиба стеблей, расположенных на линии m_1m_1 (рисунок 3.11), необходимо:

- на графике пробега активной части лезвия сегмента между режущими кромками левого и правого пальцев провести линию m_1m_1 ;
- обозначить точки a_1, b_1, c_1, d_1, e_1 пересечения траекторий с линией m_1m_1 ;
- графически определить отгибы этих стеблей при срезе: поперечные – q_{21} и q_{22} и максимальный продольный – q_3 .

Стебли, которые растут на отрезках a_1b_1 и d_1e_1 , отгибаются режущей кромкой AB сегмента и срезаются с поперечным отгибом q_{21} у противорежущей пластины правого пальца при прямом ходе ножа. Стебли с отрезка b_1c_1 отгибаются режущей кромкой CD сегмента при обратном ходе ножа и срезаются с поперечным отгибом q_{22} у левого пальца.

Стебли с отрезка c_1d_1 срезаются в точке d с разным по величине продольным отгибом, максимальная величина которого равна q_3 .

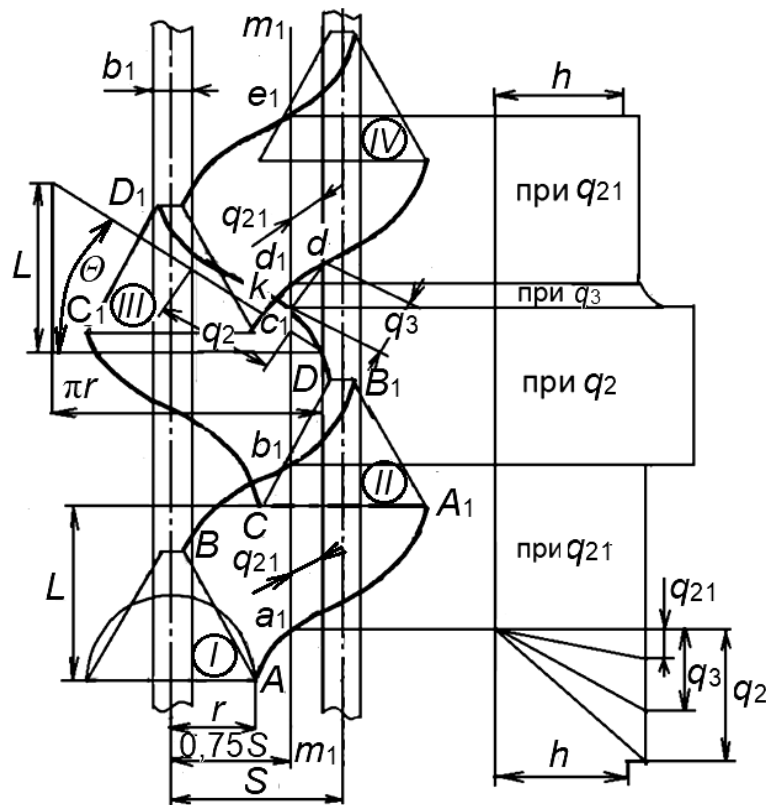


Рисунок 3.11 – Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни для стеблей, растущих по линии m_1m_1

Проверка высоты установки режущего аппарата. Большинство стеблей срезаются с некоторым отгибом от вертикального положения. В результате высота стерни получается больше высоты установки режущего аппарата над поверхностью поля.

Потери возможны, если высота стерни больше или равна минимальной длине стеблестоя:

$$L_{\min} \leq h_{\text{ст max}}, \quad (3.54)$$

где $h_{\text{ст max}}$ – высота стерни (определить из диаграммы (рисунок 3.10 или 3.11) или аналитически по нижеприведенным выражениям);

L_{\min} – минимальная длина стеблестоя, м.

Высота стерни для второй и третьей (максимальное значение) зон отгиба:

$$h_{\text{ст2}} = \sqrt{h_p^2 + q_2^2} \quad \text{и} \quad h_{\text{ст3}} = \sqrt{h_p^2 + q_{3\max}^2}, \quad (3.55)$$

где h_p – высота установки режущего аппарата относительно поля;
 q_2 и $q_{3\max}$ – соответственно значение поперечного и максимального продольного отгиба стеблей (рисунок 3.10 или 3.11), м.

Сравнить полученные расчетные значения $l_{ст3}$ и $l_{ст3}$ с построением.

Предельная высота $h_{пр.ра}$ установки режущего аппарата должна соответствовать условию: минимальная длина ($l_{ср. min}$) срезанных стеблей должна быть больше или равна максимальной высоте стерни

$$l_{ср min} \geq h_{ст max}. \quad (3.56)$$

Предельно допустимый отгиб $q_{пр}$ (приняв $h_{ст} = L_{min}$)

$$q_{пр} = \sqrt{L_{min}^2 - h^2}. \quad (3.57)$$

Сравнить полученный результат с величиной отгиба q_2 и $q_{3 max}$, сделать заключение об их соответствии и, при необходимости, дать предложения по выполнению условий технологического процесса работы рабочими органами жатки. После построения диаграммы высоты стерни проверить высоту установки режущего аппарата на потери.

4 Определение основных параметров и производительности картофелеуборочных машин в зависимости от эксплуатационных условий

Учебно-методическое пособие предусматривает возможность выполнения курсовой работы по исходным данным для одной из 4 марок картофелеуборочных комбайнов: ПКК–2–02, Л–601, ПКК–2, КПУ–1,4 и копателей [15...19].

Задачей курсовой работы является определение рабочей скорости и производительности картофелеуборочных машин, сепарирующей способности, основных конструктивных и регулировочных параметров в зависимости от урожайности картофеля, ботвы и условий работы, заданных согласно варианту.

Схема технологического процесса рабочего органа (структурно-технологическая модель) должна включать заданные и вычисленные конструктивные и регулировочные параметры. На технологической схеме машины необходимо вычертить в масштабе разработанные рабочие органы.

4.1 Анализ показателей технологического процесса картофелеуборочного комбайна

Подкопанная масса с поля поступает на рабочие органы картофелеуборочной машины, которые должны быть согласованы между собой по производительности. Однако изменение условий уборки (влажности, урожайности, засоренности камнями и др.) существенно влияет на производительность каждого рабочего органа (лемеха, битера, сепарирующего элеватора, ботвоудалителя, горки раската и др.), поэтому их работу необходимо согласовать при соблюдении агротехнических требований.

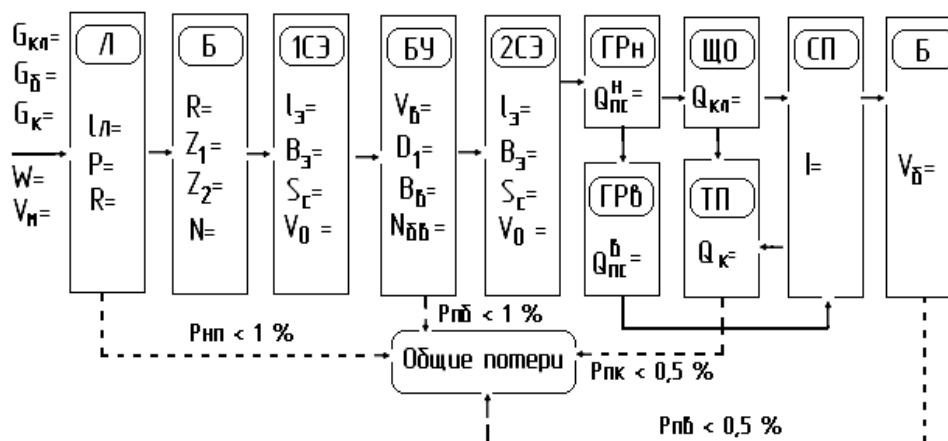
Ежесекундно на подкапывающие рабочие органы (Л) поступает картофельный ворох Q (секундная подача, кг/с), который после разрушения битером (Б) передается на первый сепарирующий элеватор (1СЭ). За счет колебания рабочей ветви, зазоров между прутками и воздействия других рабочих органов на нем происходит первый этап разделения вороха на мелкую фракцию $q_{мф}$ (просеваемую через прутки элеватора) и крупную $q_{кф}$ (ботва, клубни, камни и непросеянная через первый элеватор почва). Крупный ворох поступает на ботвоудалители (БУ), которые выносят длинную ботву из машины, а клубни и соразмерные с ними примеси проходят на второй сепарирующий элеватор (2СЭ) для дальнейшего отделения мелкой почвы. Оставшийся на втором сепарирующем элеваторе ворох картофелекопателями укладывается на выкопанное поле для дальнейшего ручного сбора клубней,

а у комбайнов поступает на пальчиковые горки раската (ГР), которые выделяют остатки мелких примесей и передают клубни с соразмерными камнями и твердыми комками почвы на щеточный отделитель камней (ЩО), после которого клубни поступают на стол переборщиков (СП) для инспекции и далее в бункер (Б), а камни и комки почвы направляются на транспортер примесей (ТП) (рисунок 4.1).

Комбайн должен собирать в бункер не менее 97 % урожая картофеля. Чистота клубней, поступающих в бункер, согласно агротребованиям должна быть не менее 80 %. При выполнении технологического процесса часть клубней теряется. Суммарные потери определяются как

$$\sum \rho = \rho_{\text{нп}} + \rho_{\text{пк}} + \rho_{\text{пб}} + \rho_{\text{пк}},$$

- где $\rho_{\text{нп}}$ – потери невыкопанными клубнями ($\rho_{\text{нп}} \leq 1 \%$);
 $\rho_{\text{пв}}$ – потери поврежденными клубнями ($\rho_{\text{пв}} \leq 0,5 \%$);
 $\rho_{\text{пб}}$ – потери клубней с ботвой ($\rho_{\text{пб}} \leq 1 \%$);
 $\rho_{\text{пк}}$ – потери клубней с камнями ($\rho_{\text{пк}} \leq 0,5 \%$).



Л – лемех; Б – битер; 1СЭ – первый сепарирующий элеватор; БУ – ботвоудалитель;
 2СЭ – второй сепарирующий элеватор; ГР – пальчиковая горка раската;
 ЩО – щеточный отделитель камней; СП – стол переборщиков; Б – бункер;
 ТП – транспортер примесей; $\sum \rho$ – общие потери клубней

Рисунок 4.1 – Структурная схема технологического процесса работы картофелеуборочного комбайна

Суммарные потери за комбайном не должны превышать согласно агротребованиям 3,0 %.

Структурно-технологическая схема рабочего процесса картофелеуборочного комбайна выполняется с учетом основных параметров рабочих органов

в соответствии с исходными данными и расчетами. Основные параметры рабочих органов приводятся в расчетно-пояснительной записке и графической части курсовой работы. Из рабочих органов картофелеуборочного комбайна наиболее производительными являются подкапывающие рабочие органы, а пропускная способность (секундная подача) и, следовательно, производительность машины зависят от параметров и режимов работы сепараторов почвы и других отделителей примесей. Если один из этих рабочих органов будет перегружен, то технологический процесс комбайном не будет выполняться в соответствии с агротехническими показателями.

Целью анализа показателей выполнения технологического процесса комбайном является определение пропускной способности рабочих органов без повреждения и потерь клубней. Наименьшее значение определяет рабочую скорость и производительность комбайна.

4.2 Определение параметров пассивного лемеха машины и ее производительности по пропускной способности элеваторов

Основные рабочие органы картофелекопателей: подкапывающие (активные или пассивные) и сепарирующие, чаще всего последовательно установленные основной и каскадный (первый и второй) элеваторы. При этом основные элеваторы снабжены пассивными (круглыми и эллиптическими звездочками) встряхивателями или активными в виде колеблющегося коромысла, снабженного по концам роликами, или вала, снабженного встряхивающими эксцентриками.

Аналогичные рабочие органы в той же последовательности установлены и в передней части комбайнов и копателей-погрузчиков, где они осуществляют подкапывание картофельных грядок и основную сепарацию почвы. Чаще всего картофелеуборочные машины выполняются в двухрядном и реже одно-, трех- и четырехрядном вариантах.

Технологический процесс работы картофелеуборочных машин зависит от поперечного сечения картофельной грядки и расположения в нем контуров клубневого гнезда, физико-механических свойств компонентов грядки, типов подкапывающих и сепарирующих рабочих органов.

Подкапывающие рабочие органы должны иметь параметры и глубину подкапывания, позволяющие выкапывать клубневые гнезда с учетом среднестатистических отклонений от средних величин ширины гнезда и глубины залегания нижнего клубня. Поэтому при расчете поперечного сечения подкапываемой части

рядки необходимо на ее поперечный профиль наложить контуры поперечной проекции лемеха и в дальнейших расчетах принимать только площадь сечения, подкапываемую всеми лемехами машины.

Выполнение технологического процесса плоским пассивным лемехом возможно при полном заборе из рядки клубневого гнезда и минимальном заборе почвы, перемещении пласта по поверхности лемеха со скольжением без сгруживания и передаче этого пласта на некоторую высоту $h_{\text{л}}$, определяемую параметрами установленного за лемехом сепарирующего рабочего органа (рисунок 4.2).

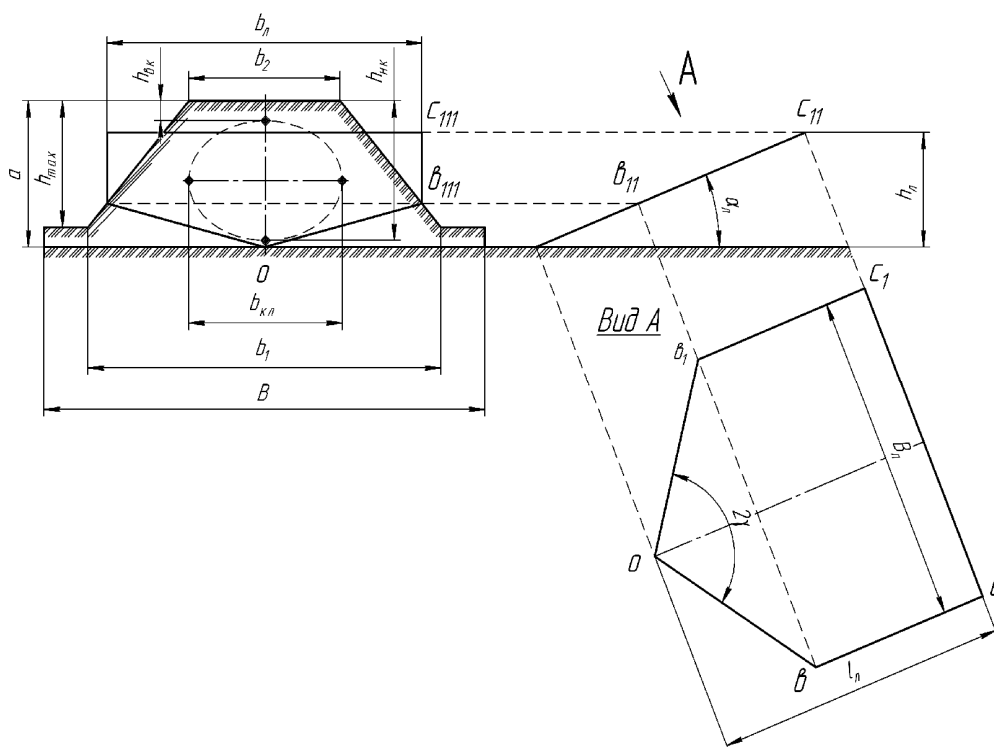


Рисунок 4.2 – Схема подкапывания картофельной рядки лемехом

Заданные параметры варианта (таблица В.2) для определения площади поперечного сечения подкапываемого пласта одним лемехом:

B – ширина междурядий, см;

b_1 и b_2 – ширина нижнего и верхнего оснований гребня, см;

$h_{\text{вк}}$ – глубина залегания верхнего клубня, см;

$h_{\text{нк}}$ – глубина залегания нижнего клубня, см;

$b_{\text{кл}}$ – ширина клубневого гнезда, см;

$b_{\text{л}}$ – ширина лемеха, см;

α – глубина подкапывания, см;

$\alpha_{\text{л}}$ – угол наклона лемеха к горизонту, град.

По заданным параметрам грядки вычертить контуры ее поперечного сечения в масштабе 1:10 или 1:5 аналогично рисунку 4.2 [16, 19]. Нанести на поперечное сечение грядки крайние точки клубневого гнезда и провести его примерные контуры, считая, что его поперечная форма близка к эллипсу. Вычертить ширину междурядья, высоту гребня и параметры лемеха. Угол между режущими кромками лемеха 2γ следует принимать $2\gamma = 110^\circ$. Вычертить, как на рисунке 4.2, вертикальную проекцию лемеха (вид по стрелке *A*) и наложить его контур на поперечное сечение грядки.

Вероятность подкапывания всех клубней будет достаточно высокой, если контуры лезвия будут отстоять от контура клубневого гнезда примерно на 2 см. Если это расстояние значительно больше или меньше и, тем более, если контуры клубневого гнезда и лезвий лемеха пересекаются, то необходимо скорректировать глубину подкапывания в соответствии с вышеизложенными подходами.

Определить площадь S поперечного сечения пласта, подкапываемого лемехом, как площадь фигуры, ограниченной сверху профилем грядки и снизу контурами лезвий лемеха. При расчетах, если есть необходимость, поперечный профиль делится на более простые геометрические фигуры (трапеции, треугольники).

Определить вес почвенного пласта находящегося на лемехе по формуле

$$Q = Sl_{л}\rho_{п} = \frac{Sh_{л}\rho_{п}}{\sin \alpha_{л}}, \quad (4.1)$$

где $l_{л}$ – длина лемеха, м;

$\rho_{п}$ – плотность почвы, кг/м³;

$h_{л}$ – высота установки верхнего конца лемеха, м.

Так как поступающий в картофелеуборочные машины ворох состоит из 95...97 % почвы, 1...3 % клубней, 0,5...10 % камней и 0,5...3 % ботвы и других растительных остатков, то плотность картофельной грядки $\rho_{кг}$ можно принять равной плотности почвы $\rho_{п} = 800...1400$ кг/м³.

Определить силу подпора почвенного пласта P по формуле [19]

$$P = Sh_{л}\rho_{п} \frac{f + \operatorname{tg}\alpha_{л}}{(1 - f\operatorname{tg}\alpha_{л}) \operatorname{tg}\alpha_{л}} = Sh_{л}\rho_{п} \frac{\operatorname{tg}(\alpha_{л} + \varphi)}{\operatorname{tg}\alpha_{л}}, \quad (4.2)$$

где f – коэффициент трения почвы о лемех. Коэффициент трения почвы о металлическую поверхность находится в пределах от 0,3 до 1,0 [16];

φ – угол трения почвы о лемех, град.

Уравнение (4.2) определяет зависимость силы подпора P от угла наклона лемеха $\alpha_{\text{л}}$, причем из анализа последнего сомножителя, который назовем коэффициентом подпора и обозначим $K = \frac{\text{tg}(\alpha_{\text{л}} + \varphi)}{\text{tg}\alpha_{\text{л}}}$, можно определить оптимальный угол наклона $\alpha_{\text{л.опт}}$, при котором сила подпора P будет минимальная. Продифференцировав последний сомножитель уравнения (4.2) по $\alpha_{\text{л}}$, приравняв полученное выражение к нулю и проведя преобразования, получим следующее уравнение для определения оптимального значения угла $\alpha_{\text{л.опт}}$, соответствующего минимальному значению силы подпора:

$$\text{tg}\alpha_{\text{л.опт}} = -f + \sqrt{f^2 + 1}. \quad (4.3)$$

Уравнение (4.3) позволяет определить $\alpha_{\text{л.опт}}$ в зависимости от коэффициента трения f .

Определить силу сопротивления лемеха перемещению. Сила сопротивления лемеха перемещению (сила тяги лемеха) R определяется по уравнению

$$R = Sh_{\text{л}}\rho_{\text{п}} \frac{\text{tg}(\alpha_{\text{л}} + \varphi)}{\sin\alpha_{\text{л}}}. \quad (4.4)$$

Минимальное значение силы тяги имеет место при значении $\alpha_{\text{л}}$, близком $\alpha_{\text{л.опт}}$. При этом, если $\alpha_{\text{л}} = \alpha_{\text{л.опт}}$, механический коэффициент полезного действия η лемеха (как наклонной плоскости) имеет максимальное значение, то есть расход энергии на перемещение лемеха минимальный, что видно из следующего уравнения:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{Qh_{\text{л}}}{(Q\sin\alpha_{\text{л}} + Q\cos\alpha_{\text{л}}f + P\text{tg}\alpha_{\text{л}}f)l_{\text{л}}} = \\ &= \frac{(l_{\text{л}} - f\text{tg}\alpha_{\text{л}})\text{tg}\alpha_{\text{л}}}{f + \text{tg}\alpha_{\text{л}}} = \frac{\text{tg}\alpha_{\text{л}}}{\text{tg}(\alpha_{\text{л}} + \varphi)} = \frac{1}{K}, \end{aligned} \quad (4.5)$$

где $A_{\text{пол}}$ – полезная работа (на подъем почвенного пласта), Дж;

$A_{\text{затр}}$ – работа, затрачиваемая на перемещение почвенного пласта по лемеху, Дж.

Определить секундную подачу массы в машину. Если площадь поперечного сечения грядки равна S , а количество одновременно убираемых рядков Z , то при рабочей скорости машины $V_{\text{м}}$, секундную подачу массы в машину q можно определить по формуле

$$q = Z S V_M \rho_n. \quad (4.6)$$

Определить площадь сепарации элеваторной машины S_c по формуле

$$S_c = B_э l_э, \quad (4.7)$$

где $B_э$ – ширина элеваторного полотна, м. Для двухрядных машин $B_э = 1,2$ м, для однорядных $B_э = 0,6$ м;

$l_э$ – длина элеваторов, м.

С другой стороны, площадь сепарации S_c определяется по формуле [16, 19]

$$S_c = q\mu / q_0, \quad (4.8)$$

где q_0 – удельная сепарирующая способность элеватора, кг/с·м²;

μ – коэффициент сепарации почвы прутковым элеватором.

Пропускная способность (q_0) элеваторных сепараторов на сухой ($W = 23$ %) некомковатой почве составляет $q_0 = 100...135$ кг/с·м². При увеличении влажности почвы, начиная с 23 %, на 5 %, происходит снижение (q_0) на 40...60 %. По данным А. А. Сорокина удельная сепарирующая способность элеватора в зависимости от условий работы составляет $q_0 = 50...60$ кг/с·м². По данным Г. Д. Петрова коэффициент сепарации почвы прутковым элеватором составляет $\mu = 0,7...0,8$ (отношение количества просеянной почвы к поступившей на элеватор) [18]. Подставляя в формулу (4.8) предыдущую формулу (4.6) получим

$$S_c = Z S V_M \rho_n \mu / q_0. \quad (4.9)$$

Откуда определяем допустимую скорость агрегата по пропускной способности элеваторной машины по формуле

$$[V_M] = \frac{q_0 S_c}{\mu Z S \rho_n}. \quad (4.10)$$

Так как после первого элеватора с рабочей длиной полотна 1,0...1,2 м просеивается 70...80 % сухой почвы, то на второй элеватор ее поступает всего 20...30 %. Это значит, что удельную сепарирующую способность его можно принимать в пределах $q_{0(2)} = 20...30$ кг/с·м² и при этом с учетом общей площади сепарации можно корректировать длину элеваторов.

Определить часовую производительность машины по пропускной способности элеваторов:

$$W = 0,36 B_M V_M \tau, \quad (4.11)$$

где B_M – ширина захвата машины, м;

V_M – скорость машины, м/с;

τ – коэффициент использования времени смены, принимается $\tau = 0,65$.

4.3 Определение конструктивных параметров ротационных рабочих органов

Определение параметров битеров и паллеров в виде правильных многогранников с выпуклыми криволинейными гранями. В целях обеспечения надежности работы и повышения сепарирующей способности картофелеуборочных машин в настоящее время разработано несколько вариантов ротационных рабочих органов выполненных в виде правильных многогранников с криволинейными гранями. Эти устройства устанавливаются между подкапывающим лемехом и первым сепарирующим элеватором. Они активно рыхлят подкопанный пласт почвы, частично сепарируют ее, а также исключают лобовое фрезерование пласта прутками элеватора, обеспечивая при этом их эксплуатационную надежность. Конструкция битерных ротационных рабочих органов может быть выполнена в виде одного сплошного правильного многогранника с выпуклыми криволинейными гранями или двух сплошных битеров так, что первый битер имеет три грани, а второй – две. Имеются также устройства, у которых рабочий элемент первого вала выполнен сплошным, а второго – секционным в виде правильных выпуклых двух-, трех-, четырехгранников и пальцевых звездочек (паллеров), радиусы кривизны, центры кривизны и межосевые расстояния которых описаны математически [16, 18, 19].

Гладкие ротационные рабочие органы, выполненные в виде правильных многогранников с криволинейными гранями, обеспечивают постоянство зазора между рабочими поверхностями. При условии соблюдения фазы вращения они обеспечивают устойчивое перемещение материала и интенсивное разрушение подкопанного пласта при использовании их на тяжелых по механическому составу почвах. На рисунке 4.3 показан ротационный рабочий орган, причем элементы первого вала имеют Z_1 граней и вращаются с угловой скоростью ω относительно

оси O_1 , а элементы второго вала имеют Z_2 граней и вращаются относительно оси O_2 с угловой скоростью, равной $\frac{Z_1}{Z_2} \omega$. Радиусы описанных окружностей элементов обоих валов одинаковы и равны R .

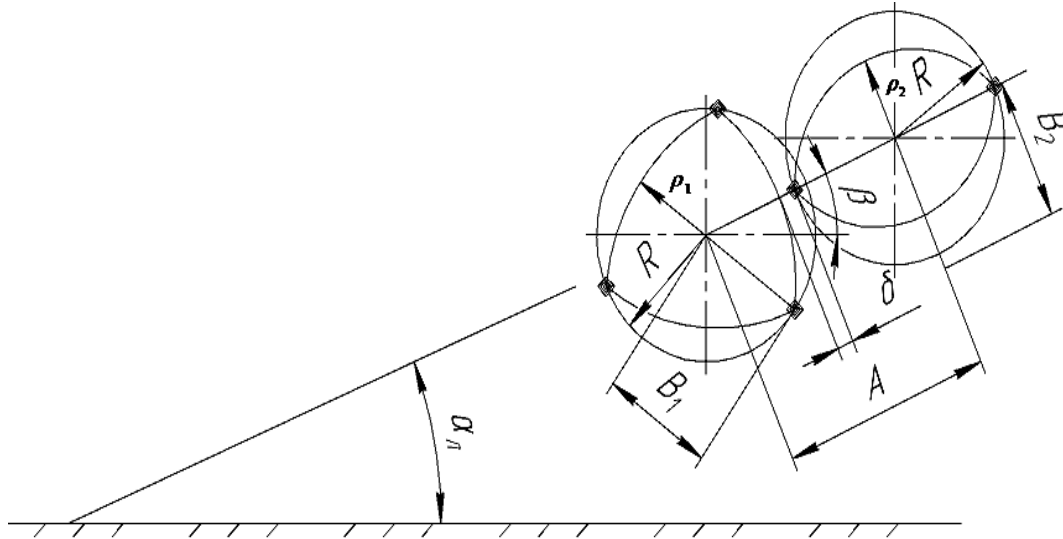


Рисунок 4.3 – Ротационный рабочий орган

По заданным параметрам R , Z_1 и Z_2 определить межосевое расстояние A по формуле

$$A \approx 2R \cos \frac{\pi}{Z_1 + Z_2} + \delta, \quad (4.12)$$

где R – радиус описанных окружностей элементов обоих валов, м;

π – центральный угол описанной окружности радиусом R , $\pi = 180^\circ$;

Z_1 – число граней первого вала;

Z_2 – число граней второго вала;

δ – зазор, равный сумме радиального биения взаимодействующих элементов соседних валов, м ($\delta = 0,005 \dots 0,015$ м).

Определить расстояния B_1 и B_2 от осей вращения до центров кривизны по формуле

$$B_{1,2} = \frac{2R \cos \frac{\pi}{Z_1 + Z_2} (1 - \cos \frac{\pi}{Z_1 + Z_2})}{2 \cos \frac{\pi}{Z_1 + Z_2} - \cos \frac{\pi}{Z_1 + Z_2} - 1}. \quad (4.13)$$

Определить радиусы кривизны граней ρ_1 и ρ_2 по формуле

$$\rho_{1,2} = B_{1,2} + 2R \cos \frac{\pi}{Z_1 + Z_2} - R. \quad (4.14)$$

Для практического использования при $Z_1 = 3$ и $Z_2 = 2$ в результате аппроксимации получены следующие выражения: $\rho_1 = 1,118R$; $\rho_2 = 3,236R$; $B_1 = 0,5R$; $B_2 = 2,618R$. При этом погрешность не превышает 0,5 мм. Полевые эксперименты по использованию ротационных рабочих органов, выполненных в виде сплошных правильных многогранников с криволинейными гранями, у которых $Z_1 = 3$, $Z_2 = 2$, показали, что пропускная способность двухрядной элеваторной машины q_0 увеличивается на 10...15 % [18].

Определить мощность, необходимую для привода валов, по формуле

$$N = GV = G\omega R, \quad (4.15)$$

где G – сила тяжести вороха (сопротивления) действующая на валы (вал) сепаратора, H ;

V – скорость перемещения вороха, м/с;

ω – угловая скорость валов (вала), с^{-1} .

Начертив рассчитанный лемех в масштабе 1:2 или 1:5, вычертить контуры поперечного сечения битеров с учетом угла их наклона β (аналогично рисунку 4.3). Согласно заданию спроектировать конструкцию битеров с учетом полученных размеров лемеха.

Расчет деформации почвы секционным паллерным ротационным рабочим органом. Почва, поступающая в картофелеуборочную машину, может быть в виде мелких частиц, комков, близких по размерам к клубням, крупных глыб или тестообразной пластичной массы. Ротационный рабочий орган, у которого рабочий элемент первого вала выполнен сплошным, а второго – секционным в виде правильных выпуклых трехгранников или пальцевых звездочек (паллеров), установленный за подкапывающим лемехом, за счет вращения и подбрасывания массы является эффективным устройством для разрушения почвенного пласта, комко-разрушения и сепарации почвы от 40 до 50 %.

При расстановке рабочих органов на секционном валу ротационного сепаратора, следует учитывать, что деформация почвы, обладающей свойством пластичности, не ограничивается зоной контакта с ней рабочего органа, а распространяется вперед и в стороны от него.

Известно, что на почвенный пласт, скользящий по рабочей поверхности клина (в нашем случае роль клина выполняют лопасти секционного вала), действуют нормальные силы N и силы трения F , которые в сумме дают равнодействующую силу T , отклоненную от нормали на угол трения φ (рисунок 4.4). Согласно теории наибольших касательных напряжений, направления 0–1 и 0–2, по которым может разрушаться пласт в результате рыхления, располагаются симметрично к силе T под углом θ одно к другому, где $\theta = 40^\circ \dots 50^\circ$ в зависимости от типа почвы (по Т. М. Гологурскому) [16]. Однако с учетом того, что на подкопанный лемехом машины пласт картофельных грядок воздействует установленный за ним сплошной трехгранный вал сепаратора, пласт частично деформируется до поступления на сепарирующий секционный вал, поэтому значение угла θ при расчетах следует принимать в пределах $25^\circ \dots 40^\circ$.

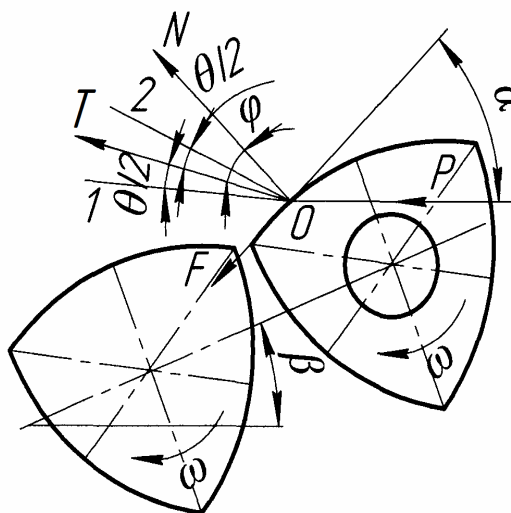


Рисунок 4.4 – Схема рыхления пласта картофельной грядки по плоскостям максимального касательного напряжения

В поперечно-вертикальной плоскости (по В. С. Жегалову) зона деформации почвы также ограничивается плоскостями, составляющими угол θ одна к другой или угол $\theta/2$ к вертикальной оси симметрии (рисунок 4.5).

По заданным параметрам R , Z_1 и Z_2 , типу почвы, заданной ширине b_0 и высоте лопасти a определить ширину зоны деформации почвы паллером графическим путем, для чего необходимо выполнить следующие построения (рисунок 4.5): в масштабе построить контуры паллера, заглубленного на глубину a ; провести прямые Ok , ON и Om ; перпендикулярно Om провести прямые mC_1 и OC_2 ; отложить на прямой OC_2 отрезок O_1O_2 , равный ширине b_0 паллера; из точек O_1 и O_2 провести под углом $\theta/2$ прямые до пересечения с линией mC_1 и измерить ширину захвата лопасти паллера b_1 .

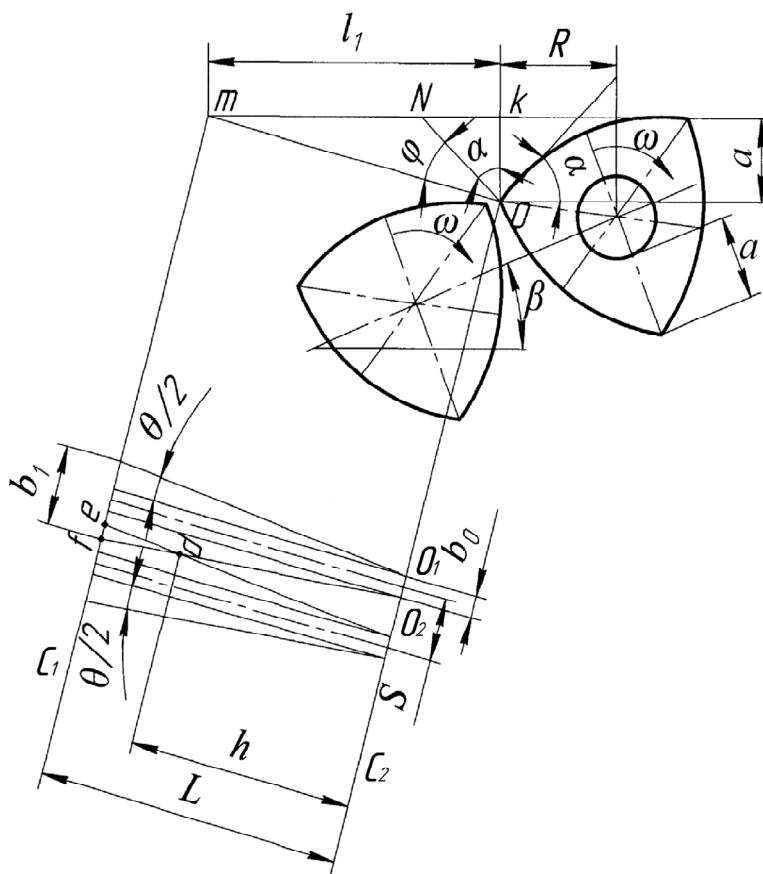


Рисунок 4.5 – Схема к определению деформации пласта картофельной грядки

Истинная величина площади плоскости рыхления при ширине лопасти паллера b_0 , высоте $Om = L$ и ширине плоскости разрушенного пласта одним ребром сепарирующего вала, равной b_1 , выражается трапецией. При высоте лопасти паллера α ширину деформации почвы в поперечном направлении в нижней части грядки b_1 можно определить по выражению

$$b_1 = b_0 + 2L \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}, \quad (4.16)$$

где b_0 – ширина лопасти паллера, мм.

Скопировать площадь рыхления лопасти и параллельным переносом по линиям mC_1 и OC_2 сместить на расстояние ef , которое определяет величину перекрытия деформации почвы соседними паллерами секционного вала.

Определить деформацию почвы в продольном направлении за время поворота лопасти на угол 120° по выражению

$$R + l_1 = R + \alpha \operatorname{tg} (\alpha + \varphi), \quad (4.17)$$

где R – радиус описанной окружности лопасти паллера;

α – угол входа лопасти в почву, $\alpha = 45^\circ$;

φ – угол трения почвы по материалу паллера, $\varphi = 20 \dots 30^\circ$ [3].

Из треугольника Omk найти длину деформации почвы в поперечном направлении за время поворота лопасти на угол 120° по выражению

$$L = \frac{\alpha}{\cos(\alpha + \varphi)}. \quad (4.18)$$

Определить предельные значения распространения зоны деформации почвы в продольном направлении по выражениям

$$l_{\max} = \alpha \operatorname{tg}(\alpha + \varphi + \theta/2); \quad (4.19)$$

$$l_{\min} = \alpha \operatorname{tg}(\alpha + \varphi - \theta/2). \quad (4.20)$$

Как видно из рисунка 4.5, деформация почвы на глубине происходит неравномерно. В нижней части обрабатываемого слоя образуются необработанные гребни высотой h .

Определить высоту необработанных гребней h по выражению

$$h = \frac{1}{2}(S - b_0) \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}. \quad (4.21)$$

Треугольник dfe подвергся двойному рыхлению соседними лопастями, при этом разрушенные в верхней части почвенные связи обеспечат проход отрезанной почвы между лопастями сепаратора. Чтобы исключить потери клубней и обеспечить просеивание максимального количества почвы, при расстановке лопастей, необходимо обеспечить условие наложения плоскостей рыхления, то есть $S \geq b_1$. Определить расстояние между лопастями на валу по формуле

$$S \geq b_0 + \frac{2\alpha \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\cos(\alpha + \varphi)}. \quad (4.22)$$

Однако с учетом того, что минимальный размер клубней картофеля составляет $C = 30$ мм, в некоторых случаях расстояние S следует принимать равным $S = C + b_0$ мм.

Исходя из ширины захвата машины, определить количество секций на валу:

$$n = \frac{B_k}{S}. \quad (4.23)$$

Определить суммарную мощность на работу ротационного сепаратора по выражению

$$N_{PC} = N_C + N_O, \quad (4.24)$$

где N_C – мощность, затрачиваемая на сепарацию почвы, кВт;

N_O – мощность, затрачиваемая на сбрасывание массы на следующий рабочий орган машины, кВт.

Мощность, затрачиваемая на сепарацию почвы, определяется по выражению

$$N_C = \frac{k b s a n z (V_{OKP} + V_{II})}{V_{II} \times 60 \times 75}, \quad (4.25)$$

где k – среднее удельное сопротивление почвы крошению ($k = 1,5 \dots 2,5$ МПа);

b – ширина полосы крошения лопастью, м;

s – подача на одну лопасть, м;

a – глубина рыхления, м;

n – частота вращения валов сепаратора, мин^{-1} ;

z – число лопастей на валу сепаратора;

V_{OKP} – окружная скорость валов сепаратора, $V_{OKP} = \omega r$, м/с;

V_{II} – скорость подачи массы на сепаратор (рабочая скорость машины), м/с.

Мощность, затрачиваемая на сбрасывание почвы на следующий рабочий орган машины, определяется по выражению

$$N_O = \frac{k_0 B s \alpha \rho_{II} V_{OKP}^2}{2 \times 75 g}, \quad (4.26)$$

где k_0 – коэффициент, зависящий от формы лопастей рабочих органов сепаратора ($k_0 = 0,85 \dots 1,0$ меньшие значения принимаются для изогнутых лопастей, большие – для прямых);

B – ширина сепаратора, м;

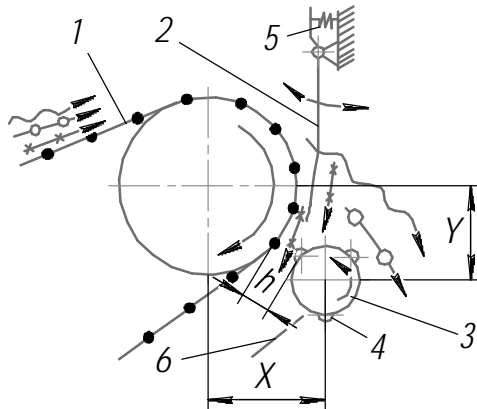
$\rho_{\text{п}}$ – плотность почвы, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Определить допустимую скорость агрегата и часовую производительность по пропускной способности элеваторной машины с учетом установки между подкапывающим лемехом и основным элеватором сплошного ротационного битера и секционного паллерного вала по аналогии с формулами (4.10) и (4.11), учитывая, что сепарация почвы на них составляет от 40 до 50 %. Начертив рассчитанный лемех в масштабе 1:2 или 1:5, вычертить контуры поперечного сечения битера и паллера с учетом угла их наклона β (аналогично рисунку 4.5). Согласно заданию спроектировать конструкцию битерного и секционного валов с учетом полученных размеров лемеха.

4.4 Определение параметров ботвоудаляющих рабочих органов

Валиковый ботвоудалитель (рисунок 4.6) состоит из сепарирующего элеватора 1, ботвоподводящих пальцев 2 и ботвоудаляющего валика 3, снабженного тремя выступами 4, имеющими форму прутка и размещенными через 120° по всей длине валика.



1 – элеватор сепарирующий; 2 – пальцы ботвоподводящие; 3 – валик ботвоудаляющий;
4 – выступ; 5 – предохранители пружинные; 6 – щиток

Рисунок 4.6 – Ботвоудаляющее устройство валикового типа

Ботвоподводящие пальцы 2 содержат пружинные предохранители 5. Ботвоудаляющее устройство включает щиток 6, расположенный с передней стороны валика 3, который исключает наматывание на валик растительных остатков.

Устройство работает следующим образом. Картофельный ворох, состоящий из клубней, почвенных комков и растительных примесей, включающих стебли

ботвы и сорняков, подается сепарирующим элеватором 1 к ботвоподводящим пальцам 2. Здесь растительные примеси выделяются и подаются им к ботвоудаляющему валлику 3, который, вращаясь навстречу элеватору 1, протаскивает стебли ботвы и сорняков в рабочий зазор h . Скорость отрывного валика должна быть больше или равна скорости работающего совместно с ним элеватора. Это предотвращает сгуживание вороха около рабочего зазора.

При этом выступы 4 препятствуют сползанию растительных примесей с ботвоудаляющего валика 3 на следующий рабочий орган, а также способствуют лучшему захвату и протаскиванию ботвы в рабочий зазор. Стебли ботвы и сорняков по щитку 6 удаляются из картофелеуборочной машины, а клубни, отделенные от столонов, так как они не могут проникать в рабочий зазор, а также клубни и почвенные комки, прошедшие между ботвоподводящими пальцами 2, поступают на следующий рабочий орган картофелеуборочной машины.

Г. Д. Петров, Д. Д. Дорошев, Т. Т. Кусов, Н. В. Бышов [18...19] и другие в своих работах использовали методику для определения диаметра гладкого отрывного валика D_1 , исходя из условия не защемления клубня в процессе ботвоудаления. Было отмечено, что чем меньше диаметр валика, тем меньше вероятность защемления, но и одновременно с этим ухудшается способность отрывного валика захватывать стебли ботвы и сорняков в рабочий зазор h , то есть полнота удаления растительных примесей. Следовательно, значительное уменьшение диаметра отрывного валика неприемлемо, что подтверждает практика эксплуатации различных картофелеуборочных машин, снабженных отрывными ботвоудаляющими валиками.

Определить величину рабочего зазора h при установившейся работе необходимо исходя из обеспечения максимальной производительности устройства. Для обеспечения этого условия необходимо, чтобы производительность устройства была больше или равна подаче растительных примесей [16]:

$$W_{\max} \leq \rho_b V_b B_b h, \quad (4.27)$$

где W_{\max} – максимальная секундная производительность ботвоудаляющего устройства, кг/с;

ρ_b – плотность ботвы, $\rho_b = 135 \text{ кг/м}^3$;

V_b – скорость валика по вершинам выступов, $V_b = 1,8...2,2 \text{ м/с}$;

B_b – ширина валика (принимается равной ширине элеватора), $B_b = 0,6$ или $1,2 \text{ м}$;

h – рабочий зазор между валиком и элеватором, м.

Максимальную секундную производительность ботвоудалителя определяем из условия максимальной производительности уборочной машины и максимальной урожайности ботвы:

$$W_{\max} = 0,278W q_6, \quad (4.28)$$

где 0,278 – переводной коэффициент;

W – расчетная производительность уборочной машины, га/ч;

q_6 – урожайность ботвы и сорняков на поле, т/га.

Из неравенства (4.27) получаем

$$h \geq \frac{1000W_{\max}}{\rho_6 B_B V_B}. \quad (4.29)$$

Определить диаметр ботвоудаляющего валика. Поскольку диаметр сепарирующего элеватора в зоне ведущего вала у отечественных комбайнов составляет $D = 150$ мм, то, исходя из условия незащемления ботвоудалителем неоторванных от ботвы клубней ($\alpha + \alpha_1 > \varphi + \varphi_1$, где φ и φ_1 – углы трения ботвы по стали, $\varphi = \varphi_1 = 25^\circ$; α и α_1 – углы наклона нормалей, $\alpha = 20 \dots 30^\circ$, $\alpha_1 = 30 \dots 45^\circ$), диаметр ботвоудаляющего валика определим по выражению (рисунок 4.7)

$$\frac{D + D_1}{2} + h = \frac{D + d}{2} \cos \alpha + \frac{D_1 + d}{2} \cos \alpha_1, \quad (4.30)$$

где D – диаметр сепарирующего элеватора в зоне ведущего вала, мм;

D_1 – диаметр ботвоудаляющего валика, мм;

d – минимальный диаметр клубня, $d = 30$ мм.

После преобразования выражения (4.30) получаем

$$D(1 - \cos \alpha) + D_1(1 - \cos \alpha_1) - d(\cos \alpha + \cos \alpha_1) + 2h = 0.$$

Откуда

$$D_1 = \frac{d(\cos \alpha + \cos \alpha_1) - 2h - D(1 - \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha_1}. \quad (4.31)$$

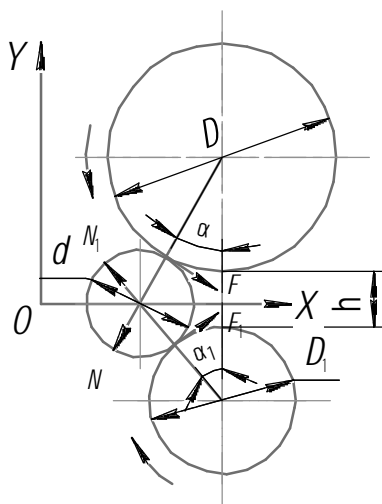


Рисунок 4.7 – Схема взаимодействия клубня и ботвоудалителя в момент контакта

Определить усилие прижатия валика. Для качественного отрыва и выжимания клубней необходимо обеспечить усилие прижатия валика, которое способствует лучшему протаскиванию ботвы без скольжения. Усилие отрыва клубня от столона составляет $P_o = 20 \dots 35$ Н, а усилие разрыва стеблей по экспериментальным данным – $P_p = 550 \dots 600$ Н, следовательно, усилие прижатия валика можно определить из условия $P_p \geq P \geq P_o$.

$$P_{\text{пр}} = \frac{P}{\text{tg}\varphi_1 + \text{tg}\varphi}. \quad (4.32)$$

Определить частоту вращения валика. Частоту вращения ботвоудаляющего валика определяем по формуле

$$n_B = \frac{V_B}{\pi D_1}. \quad (4.33)$$

Определить мощность, необходимую для привода валика, по формуле

$$N_{\text{бв}} = P_{\text{пр}} V_B. \quad (4.34)$$

Вычертить контуры поперечного сечения элеватора и ботвоудаляющего валика в масштабе 1:2 или 1:5 аналогично рисунку 4.6 с учетом зазора h . Определить место взаимного расположения ведущего вала сепарирующего элеватора и ботвоудаляющего валика, расстояние между их осями по горизонтали X и по вертикали Y . Согласно заданию спроектировать конструкцию ботвоудалителя.

5 Определение основных параметров и производительности кормоуборочного комбайна в зависимости от эксплуатационных условий

Учебно-методическое пособие предусматривает возможность выполнения курсовой работы по исходным данным по одной из 8 марок кормоуборочных комбайнов: КДП–3000, КПК–3000, КВК–6025, КВК–8060, КВК–800, RSM1401, «Дон 680», КСК–100 [20...24].

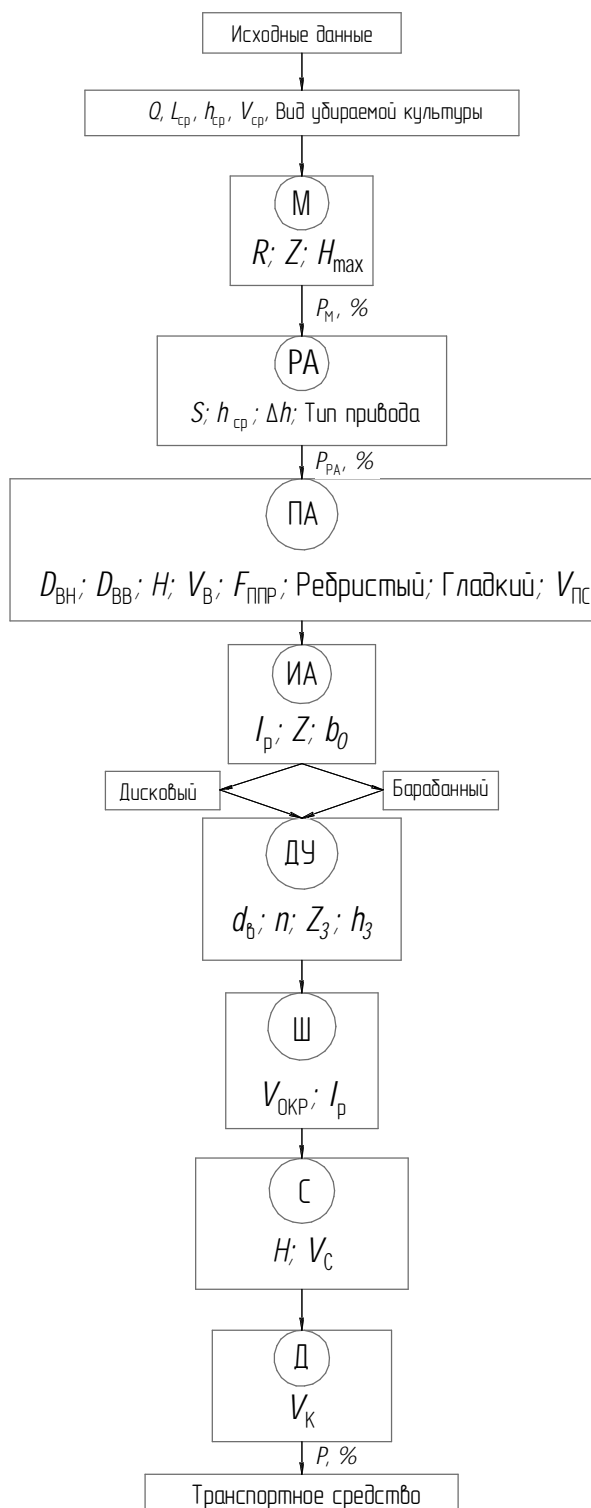
Задачей курсовой работы является определение рабочей скорости и производительности кормоуборочных комбайнов, их основных конструктивных и регулировочных параметров в зависимости от вида и урожайности убираемой культуры, условий работы, заданных согласно варианту [20...22].

Курсовая работа выполняется для конкретной марки машины в соответствии с заданием на курсовое проектирование. Схема технологического процесса рабочего органа (структурно-технологическая модель) должна включать заданные и вычисленные конструктивные и регулировочные параметры. На технологической схеме машины необходимо вычертить в масштабе разработанные рабочие органы.

5.1 Определение пропускной способности рабочих органов и производительности кормоуборочного комбайна

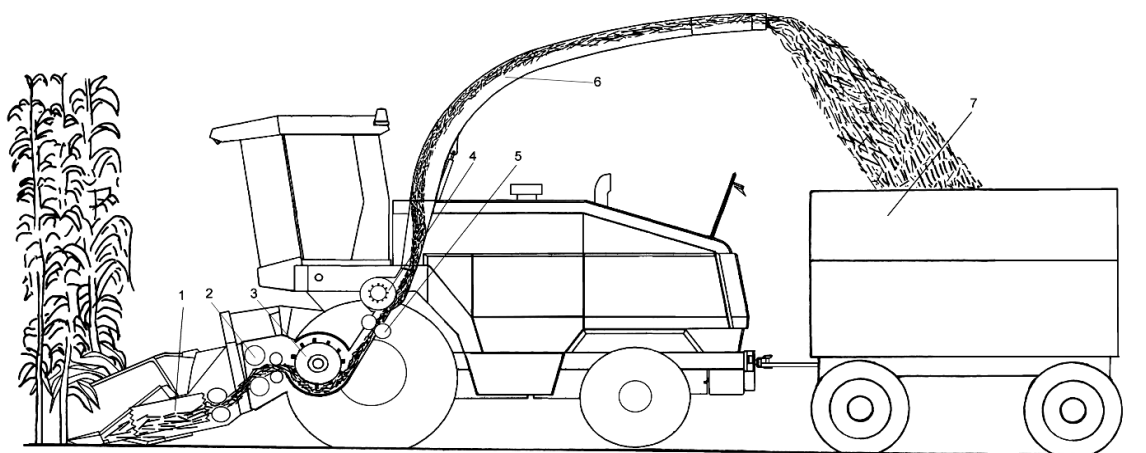
Структурная схема технологического процесса комбайна (структурно-технологическая модель) должна состоять из исходных данных, показателей настройки кормоуборочного комбайна на заданные, расчетные, конструктивные и регулировочные параметры рабочих органов (рисунок 5.1).

Скошенная масса подается в кормоуборочный комбайн (рисунок 5.2), рабочие органы которого должны быть согласованы между собой по производительности. Однако изменение условий уборки (влажности, урожайности, вида убираемой культуры и др.) неодинаково влияет на пропускную способность рабочих органов (мотовила, режущего, питающего и измельчающего аппаратов, доизмельчающего устройства, швырялки, силосопровода), и поэтому их работу необходимо согласовать при соблюдении агротехнических требований.



М – мотовило; РА – режущий аппарат; Ж – жатка; ПА питающий аппарат;
 ИА – измельчающий аппарат; ДУ – доизмельчающее устройство; Ш – швырялка;
 С – силосопровод; Д – дефлектор; ТТс – транспортное средство;
 ρ – потери массы за мотовилом; ρ_c – потери массы за режущим аппаратом;
 ρ – потери массы за дефлектором

Рисунок 5.1 – Структурная схема технологического процесса работы кормоуборочного комбайна



1 – жатка для уборки грубостебельных культур; 2 – аппарат питающий;
 3 – аппарат измельчающий; 4 – ускоритель выброса массы;
 5 – устройство доизмельчающее; 6 – силосопровод; 7 – транспортное средство

Рисунок 5.2 – Схема технологического процесса работы комплекса

Алгоритм расчета технологического процесса кормоуборочного комбайна приведен на рисунке 5.3. Ежесекундно на рабочие органы жатки поступает масса q (секундная подача, кг/с), которая направляется в питающий аппарат (ПА), а затем в измельчающий аппарат (ИП), где за счет взаимодействия ножей измельчающего барабана и противорежущей пластины происходит отсекаание поданной питающим аппаратом в единицу времени порции массы, которая при помощи подножевых швыряющих балок подается в доизмельчающее устройство (ДУ), где происходит доизмельчение зерен кукурузы, а затем она поступает в швырялку (Ш), которая придает измельченной массе кинетическую энергию, обеспечивающую выброс массы через силосопровод (С) и дефлектор в транспортное средство.

Потери растительной массы при уборке зависят от ряда причин, вызывающих их, и равны

$$\sum \rho = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5 + \rho_6 + \rho_7,$$

где ρ_1 – потери от высокого среза стеблей, %;

ρ_2 – потери от двойного среза стеблей, %;

ρ_3 – потери от недореза стеблей, %;

ρ_4 – потери от приминания и обрыва стеблей делителем, %;

ρ_5 – потери от обламывания частей растений (початков, корзинок) и выкидывания, %;

ρ_6 – потери от выпадения массы с платформы жатки, %;

ρ_7 – потери от выдувания измельченной массы швырково-пневматическим транспортером и ветром, %.

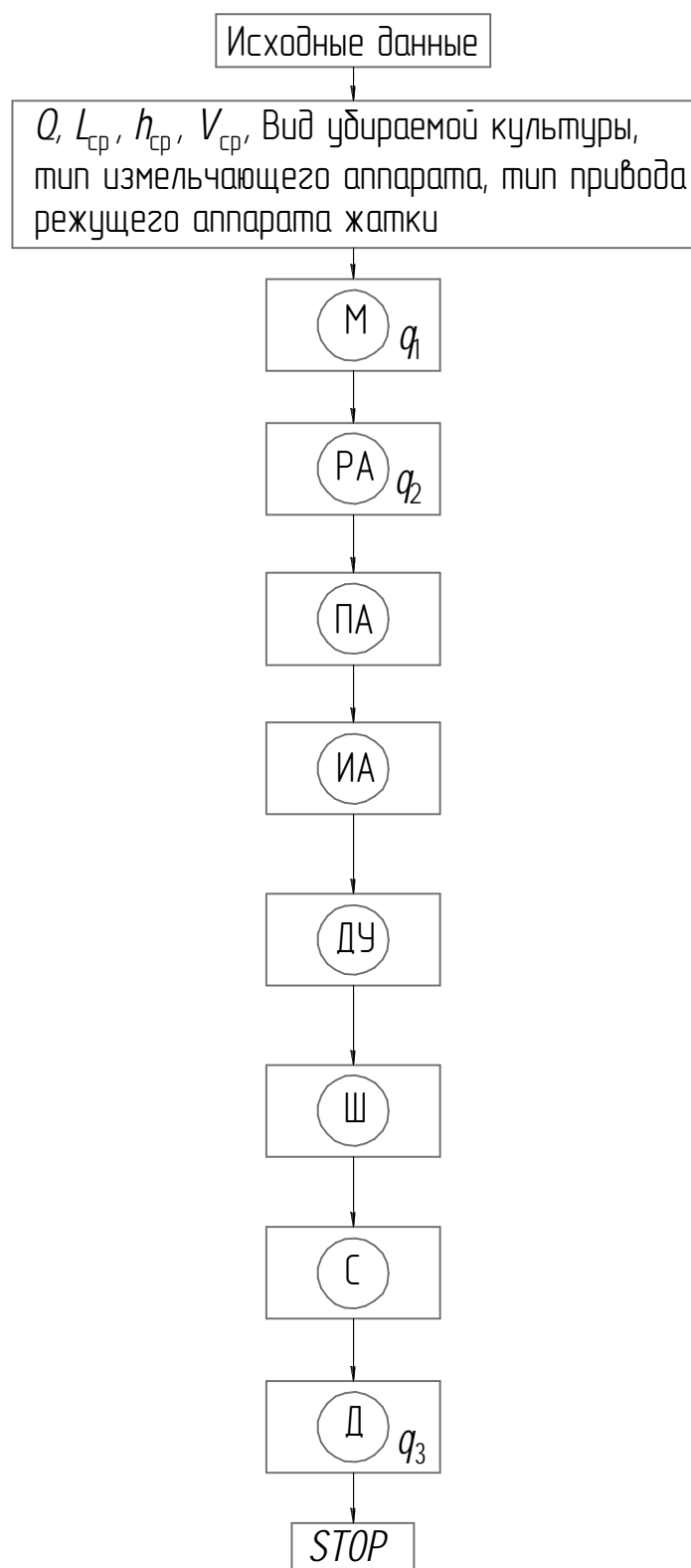


Рисунок 5.3 – Алгоритм расчета технологического процесса кормоуборочного комбайна для заданных условий уборки

Согласно агротехническим требованиям общие потери не должны превышать 3...5 %. Потери от высокого среза происходят вследствие конструктивных особенностей и зависят от параметров режущего аппарата, вида убираемой культуры, изменений скорости и колебаний жатки 0,5...0,8 %. Потери от двойного среза обычно составляют десятые доли процента и являются несущественными. Потери от недосреза стеблей при правильно выбранных скоростях ножа режущего аппарата возникают главным образом на уборке толстостебельных культур. Потери стеблей при неблагоприятных погодных условиях – 0,2 %. Потери от приминания и обрыва стеблей делителем имеют место при широкой подошве и неправильно выбранных параметрах. При широкой подошве стебли наклоняются делителем вправо и влево, частично обламываются и прижимаются подошвой к почве. При уборке перепутанных густых посевов часто возникают потери зеленой массы из-за вырывания стеблей из почвы. Потери от обламывания початков и выкидывания частей растений на землю мотовилом при воздействии планок на стебли кукурузы в зоне крепления початков – до 1,5 %. Потери от выпадания растительной массы с платформы жатки возникают при определенных конструктивных недостатках жатки. Потери от выдувания измельченной массы швырково-пневматическим транспортером и ветром, когда измельченная масса при перемещении в кузов транспортного средства уносится в сторону от него.

Алгоритм расчета технологического процесса кормоуборочного комбайна для заданных условий уборки представлен на рисунок 5.3. В питающий аппарат поступает количество срезанной массы жаткой, определяемой по выражению

$$q_m = BV_m Q_{\text{ср}}, \quad (5.1)$$

где B – ширина захвата жатки, м;
 V_m – рабочая скорость машины, м/с;
 $Q_{\text{ср}}$ – урожайность срезанной массы, т/га.

Структурно-технологическая схема рабочего процесса кормоуборочного комбайна выполняется студентом с учетом параметров рабочих органов комбайна и в соответствии с исходными данными, и расчетами. Основные параметры рабочих органов приводятся в расчетно-пояснительной записке и графической части курсовой работы.

5.2 Анализ работы сегментно-пальцевого режущего аппарата с различными механизмами привода

Цель анализа – исследовать процесс резания стеблей режущими аппаратами в зависимости от типа и параметров механизма привода, а также элементов режущей пары. Для этого необходимо:

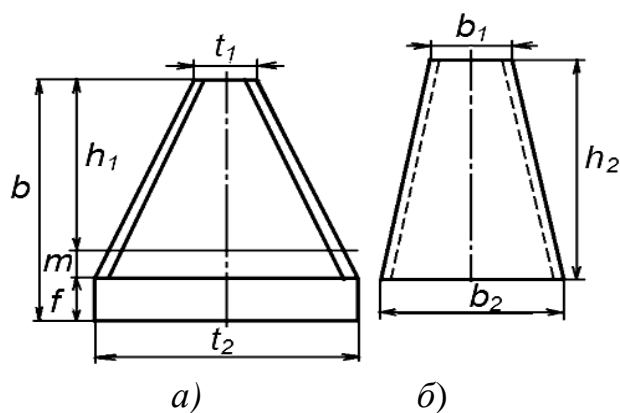
- установить вид закономерности изменения скорости перемещения сегмента режущего аппарата;
- определить скорость резания хлебной массы лезвием сегмента и сравнить с допустимой;
- построить графики траектории перемещения режущей кромки сегмента и график пробега активной части лезвия;
- построить диаграммы высоты стерни (по линии mm – у кромки противорезущей пластины пальца; по линии m_1m_1 , смещенной относительно этой кромки, – на расстоянии $0,75 S$).

Современные кормоуборочные комбайны снабжены однопробежными режущими аппаратами нормального резания с одинарным ходом ножа, у которых шаг сегментов t и шаг пальцев t_0 равны между собой, то есть $t = t_0 = 76,2$ мм. При этом ход ножа равен

$$S = kt = kt_0, \quad (5.2)$$

где $k = 1$ – для кривошипного механизма привода.

Параметры сегментов и противорезущей части (пластины) пальца режущего аппарата (рисунок 5.4) приведены в таблице 5.1.



а) сегмент; б) противорезущая пластина пальца

Рисунок 5.4 – Элементы режущей пары

$$H = b - (f + m). \quad (5.3)$$

Таблица 5.1 – Размерные параметры сегмента и противорежущей части (пластины) пальца режущего аппарата

Механизм привода ножа	Размеры, мм							
	t_1	t_2	f	b_1	b_2	h_1	h_2	m
Кривошипно-шатунный механизм	16	76	21	22	22	51	57	0

Закономерности скорости перемещения ножа рассчитываются согласно следующим исходным данным:

- размер сегмента и противорежущей пластины пальца;
- шаг сегментов t , шаг пальцев t_0 и ход S ножа;
- рабочая скорость машины V_m , м/с, определенная из условия обеспечения максимальной загрузки рабочих органов;
- частота вращения вала кривошипа n_n , частота вращения или колебаний вала соответствующего механизма привода ножа (приложение Б, таблица Б1).

Режущий аппарат с приводом кривошипно-шатунным механизмом. Для этого типа привода ножа $k = 1$. Тогда ход ножа равен

$$S = t = t_0 = 76,2 \text{ мм}; \quad (5.4)$$

скорость перемещения ножа:

$$U_n = \omega \sqrt{r^2 - x^2} = \omega y_p, \quad (5.5)$$

где ω – угловая частота вращения ведущего вала привода режущего аппарата, с^{-1} ;
 r – радиус кривошипа механизма привода ножа, м.

Определение скорости начала и конца резания (рисунок 5.5). Так как процесс резания происходит по принципу ножниц, то начало резания осуществится в момент встречи точки A лезвия AB с противорежущей пластиной пальца в точке A_1 (лезвие займет положение A_1B_1). При дальнейшем движении сегмента вправо режущая кромка, соприкасаясь с противорежущей пластиной пальца, будет защемлять стебли и перерезать их. Резание закончится, когда точка B лезвия сегмента AB встретится с противорежущей пластиной пальца в точке B_2 , а лезвие сегмента AB займет положение A_2B_2 .

Чтобы рассчитать скорость начала и конца резания, необходимо:

- в принятом масштабе на оси x на расстоянии S нанести оси симметрии пальцев и сегментов (рисунок 5.5);

- согласно данным, приведенным в таблице 5.1, нанести противорезающие пластины пальцев и сегменты режущего аппарата;
- обозначить режущие кромки AB и A_3B_3 сегментов;
- обозначить положение точки A – начало координат xAy и O – центра полуокружности;
- радиусом $r = S/2$ провести полуокружность;
- переместить режущую кромку AB в положение A_1B_1 ;
- из точки A_1 восстановить перпендикуляр до пересечения с окружностью в точке k_1 ;
- обозначить ординату y_H и соответствующее ей перемещение x_H – начало резания;
- переместить режущую кромку A_1B_1 в положение A_2B_2 ;
- из точки A_2 восстановить перпендикуляр до пересечения с окружностью в точке k_2 ;
- обозначить ординату y_K и соответствующее ей перемещение x_K – окончание процесса резания;
- нанести перемещение x_H ножа до начала резания, x_K – в конце резания и x_p – в течение процесса резания;
- замерить ординаты y_H и y_K , определить скорости начала и окончания резания:

$$V_{pH} = \omega y_H \text{ и } V_{pK} = \omega y_K, \quad (5.6)$$

где ω – угловая частота вращения ведущего вала привода режущего аппарата:

$$\omega = \frac{\pi n_H}{30}, \quad (5.7)$$

где n_H – частота вращения ведущего вала привода режущего аппарата, мин^{-1} .

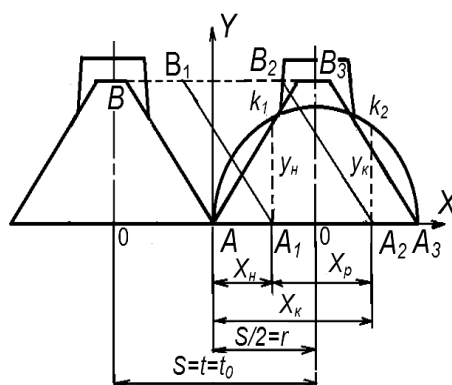


Рисунок 5.5 – Определение скорости резания для режущего аппарата с кривошипно-шатунным приводом

Сравнить полученные значения скорости резания $V_{рн}$ и $V_{рк}$ с допустимыми ($V_p \geq 1,5$ м/с).

Построение траектории абсолютного движения точек ножа (рисунок 5.6). Сегмент ножа режущего аппарата во время движения комбайна участвует в двух видах движения – относительном по отношению к пальцам жатки и переносном вместе с комбайном.

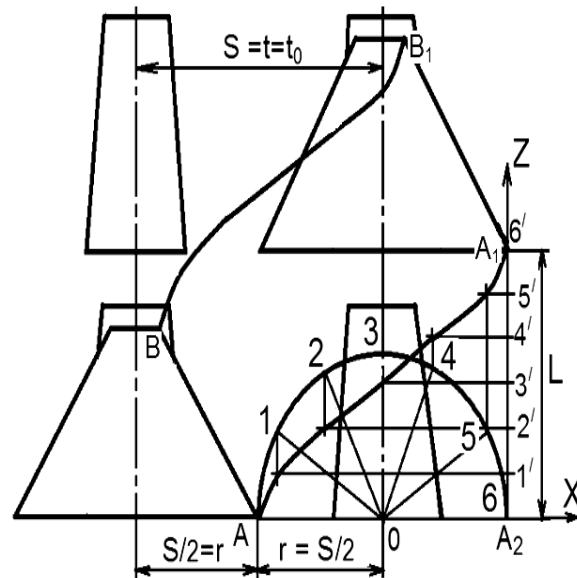


Рисунок 5.6 – Построение траектории абсолютного движения точек сегмента режущего аппарата с кривошипно-шатунным приводом

Для построения:

- разделить полуокружность на части (не менее 6) и обозначить точки 1; 2; 3...6;
- определить величину перемещения машины за один ход ножа – подачу на нож:

$$L = (\pi V_M) / \omega = (30V_M) / n_H; \quad (5.8)$$

– отложить на оси ординат A_2Z (направление движения комбайна) величину подачи L на нож и разделить ее на 6 частей (как и полуокружность), обозначив соответственно точки 1¢ 2¢ 3¢...6¢

– провести из точек 1; 2; 3...6 на полуокружности вертикальные линии, а из точек 1¢ 2¢ 3¢...6¢ – горизонтальные до их взаимного пересечения в точках, которые и будут промежуточными точками траектории;

– соединить точки кривой, которая представляет собой траекторию перемещения точек активной части лезвия сегмента ножа (AA_1);

- соединить этой траекторией точки B и B_1 .

Траекторию использовать при построении графика пробега режущей кромки сегмента с кривошипно-шатунным приводом (рисунок 5.7).

Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни. Для кривошипно-шатунного привода ножа шаг сегментов t , шаг пальцев t_0 и ход S ножа равны между собой – 76,2 мм (таблица 5.1). Величина перемещения L машины за один ход ножа определяется по формуле 5.8.

Вычертить график пробега активной части лезвия сегмента:

- на расстоянии S провести осевые линии перемещения двух соседних пальцев режущего аппарата и ширину противорежущей пластины (рисунок 5.6);
- вычертить четыре (I, II, III, IV) положения сегмента на расстоянии L друг от друга;
- используя шаблон траектории абсолютного перемещения точек сегмента (рисунок 5.6), соединить крайние точки соответствующих режущих кромок сегмента;
- определить графически величину угла θ (направление отгиба стеблей), отложив по горизонтали πR , а по вертикали L ;
- отметить точки a, b, c, d, e пересечения траекторий с линией mm ;
- предполагая, что срезаются стебли, растущие по линии mm , графически определить отгибы: поперечный – q_2 и максимальный продольный – q_3 .

Отгиб стеблей. Из графика пробега активной части лезвия сегмента следует, что стебли, которые расположены на отрезках ab и de срезаются режущей кромкой AB сегмента без отгиба у противорежущей пластины правого пальца при прямом ходе ножа (слева направо-соответственно из положения I в положение II и из III в IV). Стебли, расположенные на отрезке bc , отгибаются режущей кромкой CD сегмента при обратном ходе ножа (справа налево – из положения II в положение III) и срезаются с поперечным отгибом q_2 у левого пальца (рисунок 5.7).

Стебли, расположенные на отрезке cd , отгибаются пальцевым брусом вперед по ходу комбайна и срезаются в точке d с разным по величине продольным отгибом, максимальная величина которого равна q_3 . При каждом последующем ходе ножа картина изменения высоты стерни будет циклически повторяться.

Построить диаграмму высоты стерни (рисунок 5.7). Для этого:

- провести линию, соответствующую поверхности поля;
- из точек a, b, c, d и e провести линии до пересечения с поверхностью поля;
- на участках ab и de высота среза соответствует высоте установки режущего аппарата – h (срез осуществляется без отгиба – $q = 0$);
- для определения высоты стерни при срезе стеблей с отгибом, расположенных на участке bc , отложить величину поперечного отгиба q_2 и определить высоту стерни;

– для определения величины отгиба на участке cd отложить величину продольного отгиба q_3 , разделив на несколько равных по величине частей, и определить высоту стерни с учетом переменной величины отгиба.

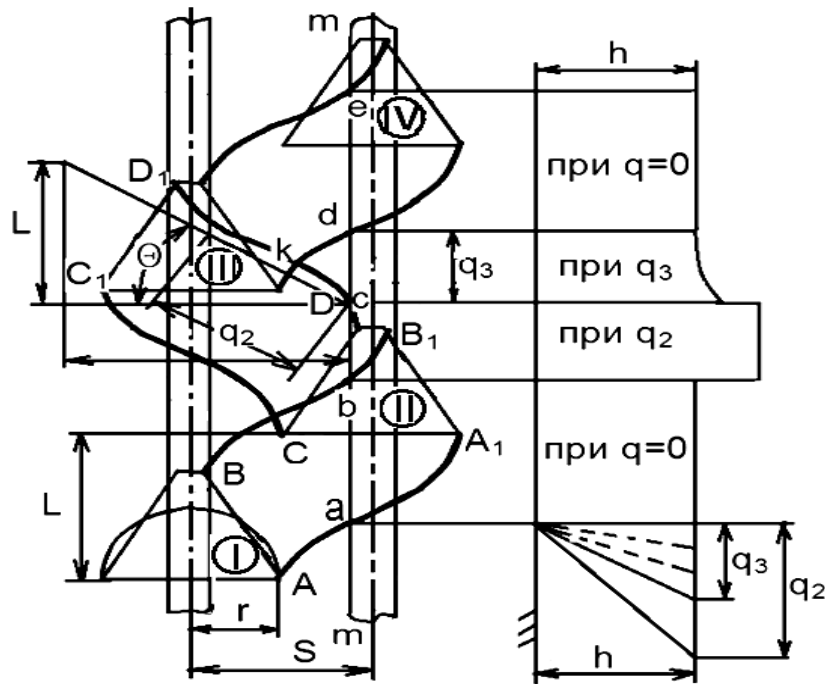


Рисунок 5.7 – Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни для стеблей, растущих по линии mm

Стебли, растущие в треугольнике cdk , срезаются в точке d с разными отгибами при перемещении сегмента из положения III в положение IV. Для определения величины отгиба стеблей, расположенных на линии m_1m_1 (рисунок 5.8), необходимо:

- на графике пробега активной части лезвия сегмента между режущими кромками левого и правого пальцев провести линию m_1m_1 ;
- обозначить точки a_1, b_1, c_1, d_1, e_1 пересечения траекторий с линией m_1m_1 ;
- графически определить отгибы этих стеблей при срезе: поперечные- q_{21} и q_{22} и максимальный продольный – q_3 .

Стебли, которые растут на отрезках a_1b_1 и d_1e_1 , отгибаются режущей кромкой AB сегмента и срезаются с поперечным отгибом q_{21} у противорежущей пластины правого пальца при прямом ходе ножа. Стебли с отрезка b_1c_1 отгибаются режущей кромкой CD сегмента при обратном ходе ножа и срезаются с поперечным отгибом q_{22} у левого пальца. Стебли с отрезка c_1d_1 срезаются в точке d с разным по величине продольным отгибом, максимальная величина которого равна q_3 .

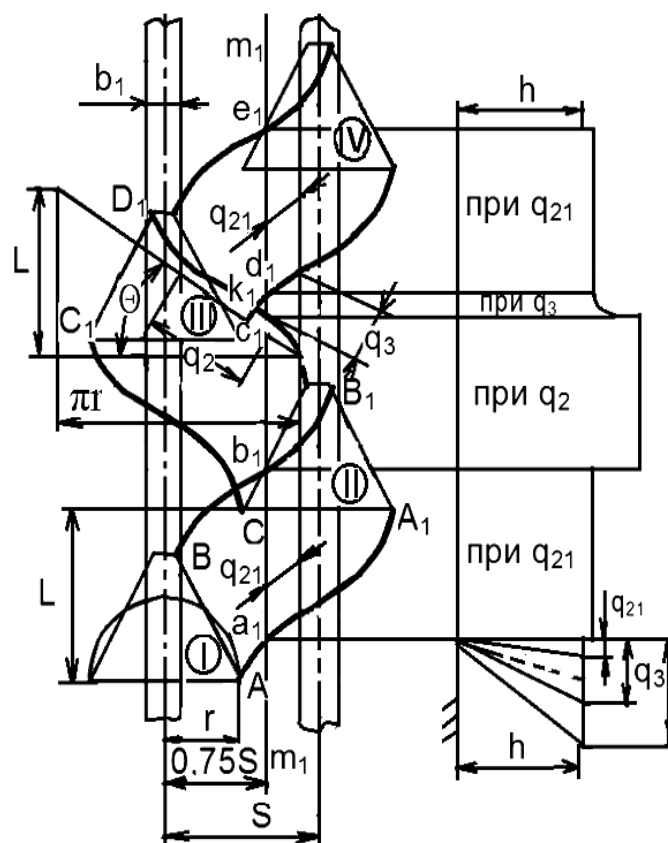


Рисунок 5.8 – Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни для стеблей, растущих по линии m_1m_1

Проверка высоты установки режущего аппарата. Большинство стеблей срезаются с некоторым отгибом от вертикального положения. В результате высота стерни получается больше высоты установки режущего аппарата над поверхностью поля. Потери возможны, если высота стерни больше или равна минимальной длине стеблестоя $L_{\min} \leq h_{\text{ст max}}$. При этом высота стерни $h_{\text{ст}}$ определяется из диаграммы (рисунок 5.7 или 5.8) или аналитически по нижеприведенным выражениям. Высота стерни для второй и третьей (максимальное значение) зон отгиба:

$$h_{\text{ст2}} = \sqrt{h_p^2 + q_2^2} \quad \text{и} \quad h_{\text{ст3}} = \sqrt{h_p^2 + q_{3\text{max}}^2}, \quad (5.9)$$

где h_p – высота установки режущего аппарата относительно поля, м;
 q_2 и $q_{3\text{max}}$ – значение поперечного и максимального продольного отгиба стеблей соответственно, м.

Сравнить полученные расчетные значения $l_{\text{ст2}}$ и $l_{\text{ст3}}$ с построением. Предельная высота $h_{\text{пр pa}}$ установки режущего аппарата должна соответствовать условию:

минимальная длина ($l_{\text{cp min}}$) срезанных стеблей должна быть больше или равна максимальной высоте стерни $l_{\text{cp min}} \geq h_{\text{ст max}}$. Предельно допустимый отгиб $q_{\text{пр}}$ ($h_{\text{ст}} = L_{\text{min}}$):

$$q_{\text{пр}} = \sqrt{L_{\text{min}}^2 - h^2} . \quad (5.10)$$

Сравнить полученный результат с величиной отгиба q_2 и $q_{3 \text{ max}}$, сделать заключение об их соответствии и, при необходимости, дать предложения по выполнению условий технологического процесса работы рабочими органами жатки.

5.3 Расчет основных параметров питающего аппарата

Питающий аппарат представляет собой, по меньшей мере, пару валцов (нижний и верхний), установленных непосредственно перед измельчающим аппаратом. При этом валец, за которым установлен противорежущий брус изготавливается, как правило, гладким для устранения условий, при которых измельчаемый материал мог бы затягиваться под противорежущий элемент. Противоположный валец, наоборот, для лучшей подачи выполняется рифленным.

В кормоуборочных комбайнах, у которых поток срезанной массы существенно сужается перед подачей ее в питающий аппарат, что создает достаточно большую толщину слоя, устанавливаются не менее двух пар валцов, обеспечивая таким образом хорошее формирование и уплотнение слоя, подаваемого к измельчающему аппарату. Каждая пара валцов (верхний – нижний) питающего аппарата должна выполнять три последовательно связанных между собой технологических операции: затягивание, уплотнение и подачу измельчаемого материала к следующей паре валцов или в измельчающий аппарат. Важнейшим параметром для процесса работы валцов (затягивания слоя валцами) является угол α_c захвата слоя массы, который позволяет определить взаимосвязь диаметра валцов $D_{\text{в}}$, толщины подаваемого в питающий аппарат слоя убираемого кормового материала $H_{\text{сл}}$ и величины зазора между валцами $h_{\text{в}}$. Так как в применяемых кормоуборочных комбайнах разница в диаметрах нижнего и верхнего валцов незначительна, то в расчетах можно принимать диаметр верхнего вальца $D_{\text{вв}}$ равным диаметру нижнего вальца $D_{\text{вн}}$, то есть $D_{\text{вв}} = D_{\text{вн}} = D_{\text{в}}$, $R_{\text{вв}} = R_{\text{вн}} = R_{\text{в}}$.

Срезанная масса будет затаскиваться между валцами лишь в том случае, если горизонтальная составляющая нормального давления вальца будет меньше горизонтальной составляющей сил трения, следовательно

$$\varphi > \alpha, \quad (5.11)$$

где φ – угол трения, град;

α – угол забора срезанной массы вальцами, град.

Сжатие срезанной массы гладкими вальцами будет обеспечено при относительной ее деформации.

$$\delta = \frac{h}{H} = 0,12 \dots 0,18, \quad (5.12)$$

где h – толщина слоя срезанной массы при прохождении зазора между вальцами, см;

H – толщина исходного слоя, см.

Согласно известным исследованиям [21...22], результаты которых приведены в таблице 5.2, толщина исходного слоя зависит от урожайности. Из данных таблицы видно, что необходимое сжатие стеблей будет обеспечено, если толщина слоя уменьшится по сравнению с первоначальным слоем в 5...8 раз. На основании этого можно определить размеры валцов питающего аппарата.

Таблица 5.2 – Изменение толщины слоя в зависимости от урожайности

Масса травы на площади 0,3 м ² , кг	Толщина слоя, см			
	до плющения H	после плющения	во время плющения, h	$\delta = \frac{h}{H}$
2,0	8,7±0,28	4,26±0,32	1,5±0,12	0,18...0,16
1,0	4,85±0,17	2,44±0,26	0,65±0,6	0,14...0,12
0,5	3,2±0,25	1,29±0,8	0,4±0,13	0,15...0,12

На рисунке 5.9 приведена схема для расчета первой пары питающих валцов, согласно которой можно записать следующее равенство:

$$R_H + R_B + h = R_H \cos \alpha_1 + R_B \cos \alpha_2 + H, \quad (5.13)$$

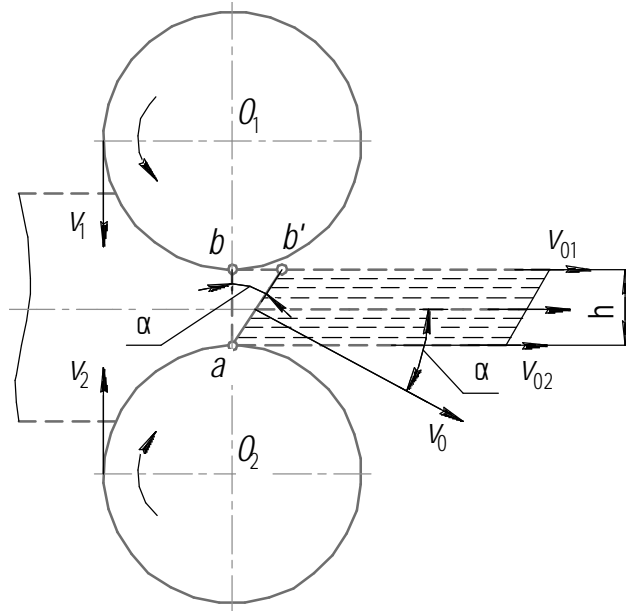
или

$$R_H (1 - \cos \alpha_1) + R_B (1 - \cos \alpha_2) = H (1 - \delta), \quad (5.14)$$

при $R_H = R_B$ и $\alpha_1 = \alpha_2$, тогда

$$D_B = \frac{H(1 - \delta)}{1 - \cos \alpha}, \quad (5.15)$$

где D – диаметр питающего вальца, мм.



H – толщина слоя до сжатия массы вальцами;
 h – толщина слоя во время сжатия массы вальцами;
 α_1, α_2 – углы забора травы вальцами; $O_1A = R_1$;
 $O_2B = R_2$ – радиусы питающих вальцов

Рисунок 5.9 – Схема для расчета параметров питающих вальцов

Скорость растений, протягиваемых вальцами, зависит от окружной скорости вальцов u_B и их скольжения относительно растений. Если это скольжение учесть коэффициентом η , скорость растений будет $u_B \eta$. Тогда масса протягиваемых растений в секунду m_c будет

$$m_c = hlu_B \varepsilon \eta \rho_p, \quad (5.16)$$

где l – длина вальцов, м;

ε – коэффициент, учитывающий использование ширины рабочей щели вальцов ($\varepsilon = 0,80 \dots 0,85$);

η – коэффициент, учитывающий скольжение вальцов относительно скошенной массы ($\eta = 0,8 \dots 0,9$);

ρ_p – плотность скошенной массы ($\rho_p = 245 \dots 1250$ кг/м³).

При работе кормоуборочного комбайна с шириной захвата B масса скашиваемых в секунду растений q_m будет определяться согласно выражению (5.1). Эти растения поступают в плющильный аппарат и должны быть сжаты и протянуты в нем. Из равенства $BV_m Q_{cp} = hlu_b \varepsilon \eta_p$ находим необходимое соотношение между скоростями u_b и v_m

$$\frac{u_b}{V_m} = \frac{BQ_{cp}}{hl\varepsilon\eta_p}. \quad (5.17)$$

С учетом данного соотношения устанавливается необходимая окружная скорость вальцов u_b .

5.4 Расчет параметров измельчающего аппарата

Исходные данные для технологического расчета измельчающего аппарата в соответствии с агротехническими требованиями – пропускная способность комбайна и степень измельчения растительного материала. Эти показатели определяют геометрические и кинематические параметры измельчающего аппарата: скорость подачи слоя растительной массы в измельчающий аппарат, диаметр измельчающего барабана, частоту его вращения, а также число ножей на барабане. Чтобы установить зависимость между этими величинами, построим траектории движения лезвий двух соседних ножей барабана относительно слоя материала. Допустим, что не слой материала подается к барабану, а барабан движется на неподвижный слой с его скоростью. В этом случае каждое лезвие описывает трохойду, а все лезвия – семейство конгруэнтных трохойд, смещенных в направлении мнимого движения барабана. Расстояния между одноименными точками соседних трохойд равны между собой и также расчетной длине резки слоя материала.

Расположим неподвижные оси координат так, чтобы ось x находилась на уровне нижней точки вертикального диаметра барабана и была направлена в сторону его мнимого движения, а ось y – по диаметру вертикально вверх. За начальное положение лезвия 1 в момент времени $t = 0$ примем его верхнее положение на вертикальном диаметре (рисунок 5.10). По истечении времени t барабан переместится на расстояние $v_{сл}t$ ($v_{сл}$ – скорость слоя материала), а лезвие ножа барабана, вращающегося равномерно с угловой скоростью ω , повернется на угол ωt .

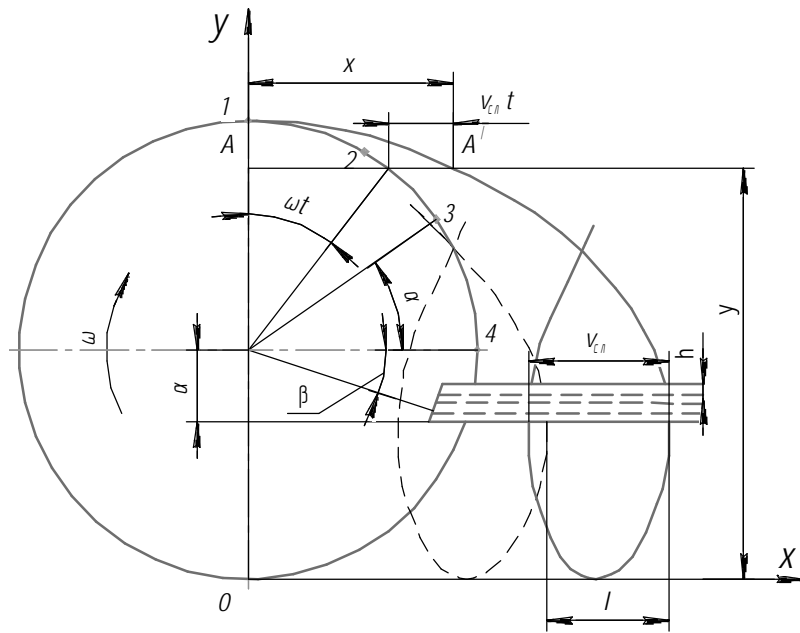


Рисунок 5.10 – Схема для расчета геометрических параметров измельчающего аппарата

Уравнения траекторий точки A лезвия l в параметрической форме:

$$x_A = v_{cl}t + R \sin \omega t; \quad (5.18)$$

$$y_A = R(1 + \cos \omega t), \quad (5.19)$$

где R – радиус барабана по лезвиям ножей, м.

Продифференцировав уравнения (5.18) и (5.19) по времени, получим уравнения составляющих скорости:

$$v_x = x'_A = v_{cl} + \omega R \cos \omega t; \quad (5.20)$$

$$v_y = y'_A = -\omega R \sin \omega t. \quad (5.21)$$

Абсолютная скорость лезвия:

$$v_A = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}. \quad (5.22)$$

Подставив значения v_x и v_y , из формул (5.20) и (5.21) получим

$$v_A = \sqrt{v_{cl}^2 + 2v_{cl}\omega R \cos \omega t + \omega^2 R^2}. \quad (5.23)$$

Величина v_A имеет максимальное значение при $\omega t = 2\pi$, а минимальное – при $\omega t = \pi$:

$$v_{A \max} = v_{\text{сл}} + \omega R; \quad (5.24)$$

$$v_{A \min} = v_{\text{сл}} - \omega R. \quad (5.25)$$

Для получения заданной длины l резки необходимо, чтобы за время поворота лезвия на угол $\gamma = 2\pi / z$ (γ – центральный угол между двумя соседними лезвиями), слой был подан на величину $l = v_{\text{сл}} t_1$, где $t_1 = \gamma / \omega = 2\pi / z\omega$; z – число ножей на барабане; $z = 2\pi v_{\text{сл}} / l\omega$.

Тогда

$$l = v_{\text{сл}} (2\pi / z\omega). \quad (5.26)$$

Растительная масса должна подаваться в измельчающий аппарат туда, где вращение барабана этому не препятствует, т. е. горизонтальная составляющая скорости лезвия $v_x = 0$.

Приравняв нулю выражение (5.20), найдем

$$\cos \omega t = - \frac{v_{\text{сл}}}{\omega R}, \quad (5.27)$$

тогда

$$\omega t = \arccos(- \frac{v_{\text{сл}}}{\omega R}). \quad (5.28)$$

Знак минус в правой части выражения (5.28) свидетельствует о том, что растительная масса должна подаваться в измельчающий барабан ниже его горизонтального диаметра. Ординату этой точки получим, подставив в уравнение (5.19) для y_A значение $\cos \omega t$ из (5.27):

$$y = R \frac{\partial}{\partial t} \left(- \frac{v_{\text{сл}}}{R\omega} \right) = R - \frac{v_{\text{сл}}}{\omega}. \quad (5.29)$$

Так как высота подаваемого слоя h равна высоте входной горловины измельчающего аппарата, ордината противорежущей пластины

$$y_{пл} = R - (v_{сл} / \omega) - h, \quad (5.30)$$

а ось барабана расположится выше противорежущей пластины на величину

$$d = h + (v_{сл} / \omega). \quad (5.31)$$

Для обеспечения оптимальных условий резания слоя необходимо, чтобы вертикальная составляющая скорости лезвия в точке встречи его со слоем была не меньше скорости резания, т. е. $v_y = - R\omega \sin t \geq v_{рез}$.

Отсюда

$$\sin \omega t = - \frac{v_{рез}}{R\omega}. \quad (5.32)$$

Совместное решение уравнений (5.28) и (5.32) позволяет получить выражение для определения угловой скорости барабана:

$$\cos^2 \omega t + \sin^2 \omega t = (n_{сл}^2 + n_{рез}^2) / R^2 \omega^2 = 1,$$

откуда

$$\omega = \frac{1}{R} \sqrt{n_{рез}^2 + n_{сл}^2}. \quad (5.33)$$

Пропускная способность зависит от «живого» сечения hb горловины измельчающего аппарата и скорости подачи u_M питающими вальцами:

$$q = hb u_M \rho_M \varepsilon_g, \quad (5.34)$$

где h – высота горловины, м;

b – ширина горловины, м;

ρ_M – плотность растительной массы, спрессованной вальцами ($\rho_M = 280 \dots 350$ кг/м³);

ε_g – коэффициент использования «живого» сечения горловины (для трав $\varepsilon_g = 0,80 \dots 0,85$, для кукурузы $\varepsilon_g = 0,60 \dots 0,70$).

Из выражения (5.34)

$$q = hbu_b(1 - \eta_6)\rho_m \varepsilon_g. \quad (5.35)$$

Скорость движения V_m комбайна определяют исходя из пропускной способности q и подачи q_0 растительной массы к измельчающему аппарату. Подача зависит от ширины захвата B жатки (подборщика), скорости машины v_m и урожайности Q растительной массы:

$$q_0 = BV_m Q. \quad (5.36)$$

Приравняв q из зависимости (5.35) и q_0 из зависимости (5.36), устанавливаем зависимость для определения скорости комбайна:

$$V_m = \frac{q}{BQ}. \quad (5.37)$$

Производительность комбайна за час эксплуатационного времени определяется согласно зависимости:

$$W = BV_m \tau_{зм}, \quad (5.38)$$

где $\tau_{зм} = 0,75$ – коэффициент использования времени смены.

5.5 Расчет основных параметров ускорителя выброса массы и силосопровода

После обрезания порции измельчаемого материала от слоя она вбрасывается в горловину и транспортируется по силосопроводу. Так как лопасти ножа установлены по радиусу, то уравнение абсолютной скорости схода массы с них определяется уравнением

$$n_{ла} = \sqrt{n_{пер} + n_{отн}}, \quad (5.39)$$

где $n_{пер}$ – скорость движения материала вместе с лопастью, м/с;

$n_{отн}$ – скорость движения материала по лопасти, м/с.

Измельченная масса, достигнув стенки трубопровода, теряет от удара часть кинетической энергии, величина которой зависит от угла $\psi_{ст}$ встречи. Для качественного транспортирования измельченной массы в силосопроводе необходимо, чтобы угол встречи $\psi_{ст}$ был меньше угла трения $\psi_{ст} < \varphi$, а сход материала с лопасти происходил при угле поворота лопасти, когда вся порция сосредотачивается на конце лопасти. Обеспечение данных условий позволяет рассчитать высоту подачи измельченного материала по силосопроводу в зависимости от угловой скорости измельчающего барабана:

$$H = \frac{n_{\delta}^2 - n_u^2}{2g}, \quad (5.40)$$

где v_{δ} – окружная скорость измельчающего барабана, м/с;

v_u – потери скорости измельчающих частиц при движении в силосопроводе ($v_u = 0,1 \dots 0,25v_{\delta}$), м/с.

Полученные значения высоты подачи сравниваются с требуемым по заданию и делается соответствующее заключение.

6 Определение основных параметров и производительности зерноочистительной машины в зависимости от эксплуатационных условий

Исходными данными при выполнении курсовой работы являются состав зернового вороха и его физико-механические свойства. Исходя из конечного назначения обрабатываемого зерна, принимается прототип зерноочистительной машины [25...30]. Задачей, которую решает студент при выполнении работы, является определение качественных показателей процесса сепарирования зерновых смесей и оптимальных параметров работы зерноочистительной машины согласно исходному заданию.

Структурная схема технологического процесса работы машины должна включать заданные параметры, качественные показатели (точность выделения и потери) и определенные параметры машины, включая: подбор решет, скорость воздушного потока, размер триера. Технологическую схему машины вычерчивают в соответствии со схемой прототипа с учетом рассчитанных размерных параметров рабочих органов.

6.1 Расчет размерных характеристик заданной партии семян с примесями

Размерные характеристики компонентов зерновой смеси являются основой выбора формы и размеров отверстий. При расчетах принимают, как правило, что длина a (наибольший размер), толщина c (наименьший размер), ширина b (наибольший поперечный размер), скорость витания семян в воздушном потоке V , плотность семян ρ являются случайными величинами с нормальным распределением, тогда для любого размера l (a, b, c, V, ρ) эмпирическая плотность распределения вероятностей значений будет определяться по выражению

$$f(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (6.1)$$

где m – среднее значение размера, мм;

σ – среднее квадратичное его отклонение, мм.

При известных m и σ для построения кривых $f(l)$ используются значения плотности вероятности нормального распределения $J(t)$ для любого значения нормированной переменной t .

$$f(l_i) = \frac{J(t_i)}{\sigma}. \quad (6.2)$$

$$t_i = \frac{l_i - m}{\sigma}. \quad (6.3)$$

В справочной литературе чаще всего приводятся данные по наибольшим l_{\max} и наименьшим l_{\min} размерам семян различных культур. При нормальном распределении значения m и σ определяют из условия, что пределы колебания ($l_{\max} - l_{\min}$) любого размера равны 6σ :

$$\begin{aligned} l_{\min} &= m - 3\sigma; \\ l_{\max} &= m + 3\sigma. \end{aligned} \quad (6.4)$$

При выполнении курсовой работы должны быть построены теоретические кривые $f(l)$ для основной культуры и всех сорняков для всех размеров $l = a, b$ и c .

Порядок расчета и построения кривых

Определить среднее значение размеров зерна и семян растений, пользуясь данными (приложение Д.2). По данным m и σ для каждого размера семян задаются числом классов K и классовым интервалом l . Классовый интервал выбирают в зависимости от разности наибольшего l_{\max} и наименьшего l_{\min} значений данного размера семян (a, b, c, V, ρ). Для зерновых культур можно принять $l = 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,45$ мм. Для мелких семян значение l может быть меньшим [29...30].

Число классов K подбирают с таким расчетом, чтобы при выбранном классовом интервале l значения l_{\max} и l_{\min} поместились в крайних классах. Достаточное число классов 5...10 (в расчетах принять 8).

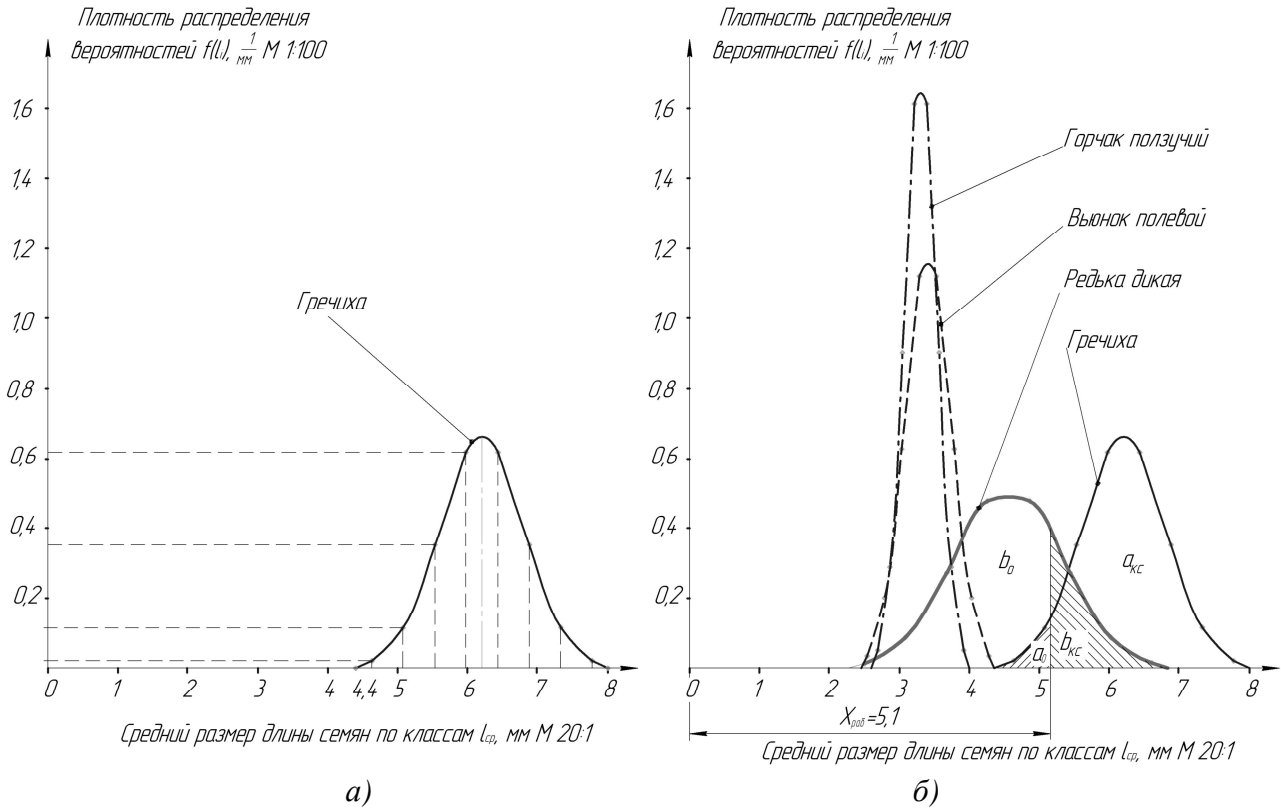
При нормальном распределении пределы изменения показателей свойств семян равны. На основании этого среднеквадратичное отклонение удовлетворяет условию

$$l_{\max} - l_{\min} = 6\sigma. \quad (6.5)$$

Среднее квадратичное отклонение определено как

$$\sigma = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{6}. \quad (6.6)$$

Из рассчитанных данных (таблица 6.1) для построения кривых плотности нормального распределения используем в качестве координат средние значения классов (строка 3) отмечаем на оси абсцисс, а плотности распределения вероятностей (строка 6) – на оси ординат.



а) построение кривых по координатам;
 б) определение размера калибрующего отверстия

Рисунок 6.1 – Построение кривых плотности нормального распределения

По вариационным кривым (основной культуры и примесей) выбирают размеры отверстий решет и параметры режимов работы (l'_p , l''_p и $x_{раб}$).

При выборе окончательных размеров отверстий решет предпочтение отдается данным по толщине культуры (c), затем по ширине (b). Если подобрать решета по этим показателям не возможно, то для очистки используется триер с отверстиями, выбранными по длине зерновой культуры (a), аэродинамические классификаторы по скорости витания семян (V) и плотности (ρ) на пневмостолах.

Определение отхода семян в мелкую фракцию. Вероятность отхода семян определяется с помощью интегральной функции $F(x)$ [29] (приложение Д.4).

Интегральная функция распределения:

$$F(x) = \Phi_0((x_{раб} - m) / \sigma) + 0,5, \tag{6.11}$$

где Φ_0 – функция Лапласа, определяемая с помощью кривой;
 m – расстояние от центра (приложение Д, таблица Д.4);
 $x_{\text{раб}}$ – ограничительный параметр режима или размера отверстия (приложение Д, таблица Д.4).

Отходы семян основной культуры в примесь:

$$a_0 = F(x) = \Phi_0((x_{\text{раб}} - m) / \sigma) + 0,5. \quad (6.12)$$

Выход семян культуры в конечный продукт:

$$a_{\text{ск}} = 1 - a_0. \quad (6.13)$$

Отходы семян мелких примесей в примеси b_0 и в конечный продукт $b_{\text{ск}}$:

$$b_0 = \Phi_0((x_{\text{раб}} - m) / \sigma) + 0,5; \quad (6.14)$$

$$b_{\text{ск}} = 1 - b_0. \quad (6.15)$$

После сепарации зернового материала получаем следующие выходы: крупные примеси, мелкие примеси, конечный продукт.

Чистота конечного продукта [29, 31] определяется по выражению

$$\mathcal{C} = \frac{A_{\text{кп}}}{A_{\text{кп}} + B_{\text{кп}} + C_{\text{кп}}} 100\%, \quad (6.16)$$

где $A_{\text{кп}}$ – выход основной культуры в конечный продукт, %;

$B_{\text{кп}}$ – выход примеси мелкой в конечный продукт, %;

$C_{\text{кп}}$ – выход примеси крупной в конечный продукт, %.

Потери семян основной культуры:

$$\Pi = A - A_{\text{кп}}, \quad (6.17)$$

где A – доля семян основной культуры в исходном ворохе, %.

Выход конечного продукта:

$$K = A_{\text{кп}} + B_{\text{кп}} + C_{\text{кп}}. \quad (6.18)$$

Выход компонентов в конечный продукт:

$$A_{\text{кп}} = Aa_{\text{ск}}; B_{\text{кп}} = Bb_{\text{ск}}; C_{\text{кп}} = Cc_{\text{ск}}, \quad (6.19)$$

где B, C – доля семян примеси в исходном ворохе, %.

Пример. Рассматриваемая основная культура – семена гречихи. Из таблицы Д.2 приложения Д принимаем максимальное и минимальное значения контролируемого размера (длина) $l_{\text{max}} = 8$ мм, $l_{\text{min}} = 4,4$ мм. Число классов принимаем $K = 8$. Определяем классовый интервал по выражению

$$l = (l_{\text{max}} - l_{\text{min}}) / K;$$

$$l = (8 - 4,4) / 8 = 0,45 \text{ мм.}$$

В границах класса

$$l'_{\text{max}} = l'_{\text{min}} + l,$$

где l'_{max} – максимальное значение класса, мм;

l'_{min} – минимальное значение класса, мм.

В границах 1 класса $l'_{\text{max}} = l'_{\text{min}} + l = 4,4 + 0,45 = 4,85$ мм.

На основании этого определяем границы классов и заносим полученные результаты в таблицу 6.2.

Среднее квадратичное отклонение:

$$\sigma = (8 - 4,4) / 6 = 0,6 \text{ мм};$$

$$m = (8 + 4,4) / 2 = 6,2 \text{ мм.}$$

В границах 1 класса $L_{\text{cp}} = (4,4 + 4,85) / 2 = 4,625$ мм.

На основании чего определяем среднее значение по классам.

Нормированная переменная в границах 1 класса:

$$t_1 = (4,625 - 6,2) / 0,6 = -2,63.$$

Определив значение t_1 , из таблицы Д.3 приложения Д определяем, что $J(t) = 0,0126$.

$$f(l_1) = 0,0126 / 0,6 = 0,021.$$

Определение отхода семян гречихи, при условии размера ячейки триерного цилиндра 5,1 мм. Из полученных ранее условий для гречихи принимаем $x_{\text{раб}} = 5,1$ мм, среднее значение $m = 6,2$ мм, среднее квадратичное отклонение $\sigma = 0,6$ мм.

$$\Phi_0((5,1 - 6,2) / 0,6) = \Phi_0(-1,833).$$

Полученные значения заносим в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Статистические оценки зерновой смеси

1	Классы	1	2	3	4	5	6	7	8
2	Границы классов	4,4...4,85	4,85...5,3	5,3...5,75	5,75...6,2	6,2...6,65	6,65...7,1	7,1...7,55	7,55...8
3	Среднее значение $L_{\text{ср}}$ класса, мм	4,625	5,075	5,525	5,975	6,425	6,875	7,325	7,775
4	Нормированная переменная	2,63	1,88	1,13	0,38	0,37	1,13	1,88	2,63
5	Плотность вероятности распределения, $J(t_i)$	0,0126	0,0682	0,2108	0,3713	0,3726	0,2108	0,0682	0,0126
6	Плотность распределения вероятностей, $f(l_i)$	0,021	0,1137	0,3513	0,6188	0,621	0,3513	0,1137	0,021

Принимаем $\Phi_0(-1,833) = -0,4664$ (приложение Д, таблица Д.4).

Соответственно искомая функция

$$a_0 = F(x) = -0,4664 + 0,5 = 0,0336.$$

Отход семян гречихи составит 3,36 %.

Для редьки дикой принимаем $x_{\text{раб}} = 5,1$ мм, среднее значение $m = 4,55$ мм, среднее квадратичное отклонение $\sigma = 0,78$ мм. Находим выход примесей в основную культуру:

$$b_0 = \Phi_0((5,1 - 4,55) / 0,78) + 0,5 = \Phi_0(0,705) + 0,5 = 0,258 + 0,5 = 0,758.$$

$$b_{\text{ск}} = 1 - b_0 = 1 - 0,758 = 0,242.$$

При условии, что доля семян основной культуры в исходном ворохе $A = 80$ %, $B = 10$ %. Чистота конечного продукта:

$$Ч = \frac{80 \times 0,9664}{80 \times 0,9664 + 10 \times 0,242 + 0} 100\% = 76,16\%.$$

Потери семян основной культуры:

$$П = 80 - 80 \times 0,9664 = 2,688\%.$$

Выход конечного продукта:

$$K = 80 \times 0,9664 + 10 \times 0,242 = 79,73\%.$$

6.2 Определение конструктивно-кинематических параметров решетного блока

Расчет ведут при следующем допущении: разделение осуществляется по вертикали, т. е. все частицы с размерами $l < l_p$ будут в проходе, а все частицы с $l > l_p$ – в сходе. Рабочие размеры l'_p и l''_p отверстий решет (ячеек триера) подбирают обычно так, чтобы $l_{\text{кп min}} \leq l'_p \leq l_{\text{ок max}} ; l_{\text{ок min}} \leq l''_p \leq l_{\text{мп max}}$ [29...30].

Наиболее производительными являются решета с продолговатыми отверстиями. Поэтому при подборе решет для разделения заданной зерновой смеси вначале проверяют возможность отделения сорняков по толщине, затем по ширине и далее по длине.

В силу вероятностного характера многочисленных факторов, влияющих на полноту разделения зерновой смеси, процесс сепарации на решетках (триерах) протекает по вероятностным закономерностям, которые могут быть установлены лишь опытным путем. Распределение зерновых смесей на различных решетках осуществляется с неодинаковой полнотой из-за различного содержания проходовой и сходовой фракции в материале, поступающем на эти решета. Поэтому, при прочих равных условиях, рабочие размеры отверстий решет рекомендуется выбирать в следующей последовательности:

– решета, отделяющие крупные примеси:

$$l_p = m + 3\sigma, \quad (6.20)$$

где m – среднее значение размера смеси;

σ – среднее квадратическое отклонение;

– сортировальные:

$$l_p \gg m - \sigma; \quad (6.21)$$

– подсевные:

$$m - 2\sigma < l_p < m - 1,5\sigma. \quad (6.22)$$

Размеры отверстий решет и ячеек триера должны соответствовать стандартным значениям [29].

При разделении семян по толщине подбираем размеры отверстий решета:

$$l_{\text{ок min}} \leq l_p' \leq l_{\text{мп max}}; l_{\text{кп min}} \leq l_p'' \leq l_{\text{ок max}}. \quad (6.23)$$

В результате получим разделение семян примесей и основной культуры с чистотой Ч % и потерями П %.

Пример: Разделение компонентов зерновой смеси на решетном стане (вьюнок полевой, редька дикая, горчак ползучий, гречиха) в виде крупны (рисунок 6.2) и мелких (рисунок 6.3) примесей. Из условия задания в машине ширина решета $B_p = 1000$ мм и длина решета $L_p = 800$ мм.

*Учитывая, что зерно на плоских решетках разделяется по толщине и ширине, то из анализа кривых нормального распределения при прочих равных условиях необходимо применить разделение семян по **толщине**, поскольку решета будут иметь наибольшую производительность.*

Гречиха по толщине: $m = 3,1$ мм, $\sigma = 0,37$.

Рабочие размеры отверстий решет рекомендуется выбирать в следующей последовательности:

– решета, отделяющие крупные примеси:

$$l_p = m + 3\sigma;$$

$$l_p = 3,1 + 3 \cdot 0,37 = 4,21 \text{ мм.}$$

Поскольку отделяем крупные примеси, то в конечный продукт отходят семена, прошедшие сквозь решета. Выход семян культуры в конечный продукт определим по выражению

$$a_{\text{ск}}^k = \Phi_0((x_{\text{раб}} - m) / \sigma_x) + 0,5;$$

$$a_{\text{ск}}^k = F(x) = \Phi_0((4,21 - 3,1) / 0,37) + 0,5 = \Phi_0(3) + 0,5 = 0,49865 + 0,5 = 0,99865.$$

Потери семян основной культуры в отход крупной примеси:

$$a_0^k = 1 - a_{ск};$$

$$a_0^k = 1 - 0,99865 = 0,0013,$$

что соответствует потерям основной культуры 0,13 %.

Выход крупной примеси **редьки дикой** в конечный продукт по толщине:
 $m = 3,9$ мм, $\sigma = 0,37$.

$$b_0 = \Phi_0((x_{раб} - m) / \sigma) + 0,5;$$

$$b_0^{\text{редька дикая}} = \Phi_0((4,21 - 3,9) / 0,37) + 0,5 = \Phi_0(0,84) + 0,5 = 0,2995 + 0,5 =$$

$$= 0,7995.$$

Отходы семян примесей **редьки дикой** в крупные отходы:

$$b_{ск} = 1 - b_0,$$

$$b_{ск}^{\text{редька дикая}} = 1 - 0,7995 = 0,2005.$$

Подсевные принимаем в интервале $m - 2\sigma < l_p < m - 1,5\sigma$:

от $l'_p = 3,1 - 2 \cdot 0,37 = 2,36$ мм;

до $l''_p = 3,1 - 1,5 \cdot 0,37 = 2,545$ мм.

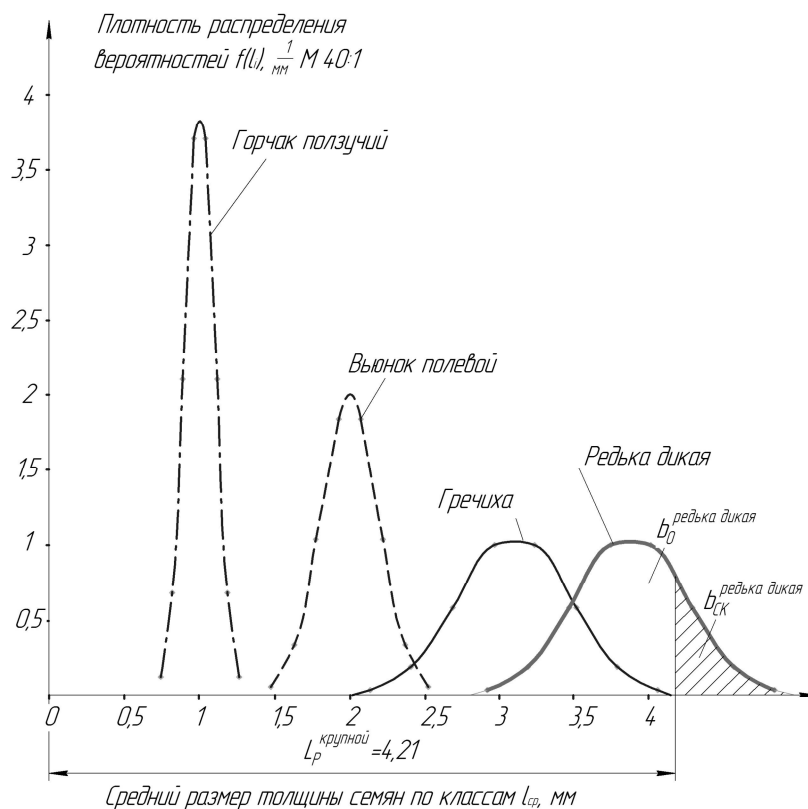


Рисунок 6.2 – Отделение крупных примесей при выделении гречихи

Размер подсевных решет принимается в интервале от $l_p = 2,36$ мм до $l_p = 2,545$ мм. В качестве примера размер отверстий принимаем равным $l_p = 2,5$ мм.

Определим отход основной культуры гречихи через отверстия решета в отходы:

$$a^M_0 = \Phi_0((l_p - m) / \sigma_x) + 0,5;$$

$$a^M_0 = \Phi_0((2,5 - 3,1) / 0,37) + 0,5 = \Phi_0(-1,62) + 0,5 = -0,4474 + 0,5 = 0,0526.$$

Соответственно, в конечный продукт основной культуры попадает

$$a^M_{ск} = 1 - a^K_0;$$

$$a^M_{ск} = 1 - 0,0526 = 0,9474.$$

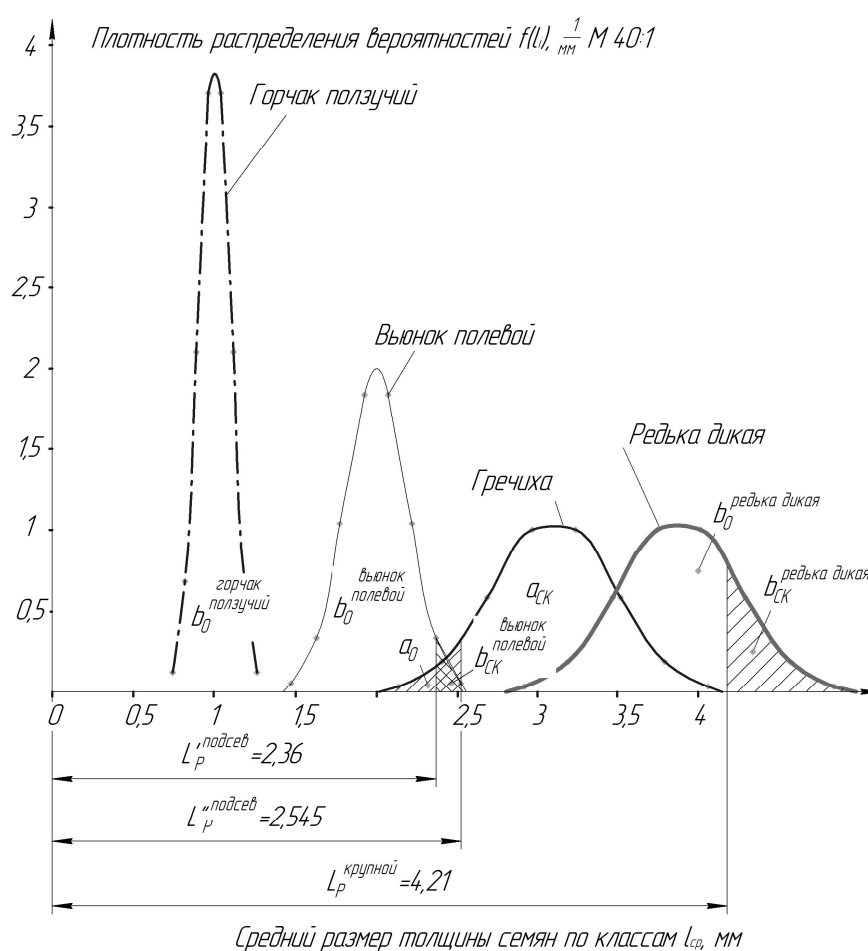


Рисунок 6.3 – Отделение подсева мелких примесей при выделении гречихи по толщине

Выход мелких примесей **горчак ползучий** $m = 1$ мм, $\sigma = 0,1$ мм и **вьюнок полевой** $m = 2$ мм, $\sigma = 0,2$ мм в конечный продукт по толщине.

Определяем отход в примеси культур **горчак ползучий** и **вьюнок полевой**. Согласно графику **горчак ползучий** беспрепятственно проходит в отверстия и полностью выделяется.

$$b_0^{\text{ВЬЮНОК ПОЛЕВОЙ}} = \Phi_0((2,5 - 2) / 0,2) + 0,5 = 0,4938 + 0,5 = 0,9938.$$

Отходы семян культуры **вьюнок полевой** в конечный продукт:

$$b_0 = 1 - b_{\text{СК}},$$

$$b_{\text{СК}}^{\text{ВЬЮНОК ПОЛЕВОЙ}} = 1 - 0,9938 = 0,0062.$$

В результате применения решет отсеивающих крупные и мелкие примеси можем определить итоговые показатели процесса.

При условии, что в исходном ворохе гречихи доля семян основной культуры $A = 80\%$, редьки дикой $B = 10\%$, горчача ползучего $B = 3\%$, вьюнка полевого $B = 7\%$.

Содержание основной культуры в конечном продукте с учетом потерь в крупную и мелкую фракции может быть определено как

$$a_{\text{СК}} = a_{\text{СК}}^{\text{М}} - a_{\text{СК}}^{\text{К}};$$

$$a_{\text{СК}} = 0,9474 - 0,0013 = 0,9461.$$

Чистота конечного продукта:

$$Ч = \frac{80 \times 0,9461}{80 \times 0,9461 + 10 \times 0,7995 + 3 \times 0 + 7 \times 0,0062} 100\% = 90,4\%.$$

Потери семян основной культуры:

$$П = 80 - 80 \times 0,9461 = 4,31\%.$$

Выход конечного продукта:

$$K = 80 \times 0,9461 + 10 \times 0,7995 + 0 + 7 \times 0,0062 = 83,73\%.$$

При установке сортировального решета с целью удаления мелких и обрубленных семян гречихи (рисунок б.4) необходимо учитывать размеры сортировальных решет.

$$l_p \gg m - \sigma;$$

$$l_p = 3,1 - 0,37 = 2,73 \text{ мм.}$$

Определим отход основной культуры гречихи через отверстия сортировального решета в отходы:

$$a_0^c = \Phi_0((l_p - m) / \sigma_x) + 0,5;$$

$$a_0^c = \Phi_0((2,73 - 3,1) / 0,37) + 0,5 = \Phi_0(-1) + 0,5 = -0,3413 + 0,5 = 0,1587.$$

В конечный продукт попадает основной культуры

$$a_{ск}^c = 1 - a_0^c;$$

$$a_{ск}^c = 1 - 0,1587 = 0,8413;$$

$$a_{ск} = a_{ск}^c - a_0^k;$$

$$a_{ск} = 0,8413 - 0,0013 = 0,8426.$$

Чистота конечного продукта:

$$Ч = \frac{80 \times 0,8426}{80 \times 0,8426 + 10 \times 0,7995 + 3 \times 0 + 7 \times 0} 100\% = 89,4\%.$$

Потери семян основной культуры

$$П = 80 - 80 \times 0,8426 = 12,59\%.$$

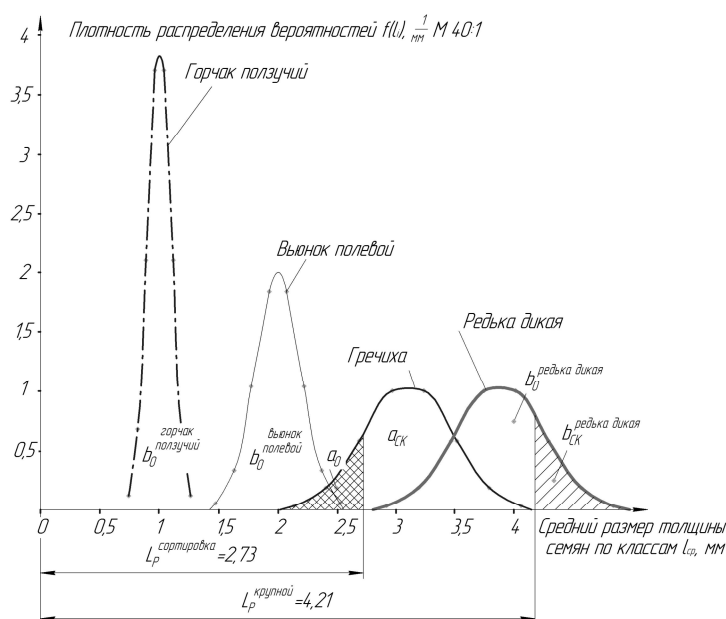


Рисунок 6.4 – Отделение обрубленных и мелких семян основной культуры при сортировании

Выход конечного продукта:

$$K = 80 \times 0,8426 + 10 \times 0,7995 + 0 + 7 \times 0 = 67,41\%.$$

6.3 Выбор размеров решет и обоснование кинематического режима их работы

Размеры решет B_p и L_p устанавливаются по допустимой нагрузке на 1 м^2 площади решета. Необходимая площадь решета определяется по выражению

$$F_p = \frac{q_{\text{расч}}}{q_{\text{доп}}}, \quad (6.24)$$

где $q_{\text{расч}}$ – расчетная подача зерна на решета, кг/с;

$q_{\text{доп}}$ – допустимая пропускная способность решета, кг/(с·м²).

$$q_{\text{расч}} = h_p B_p J_{\text{ср}} \gamma_{\text{вор}}. \quad (6.25)$$

где h_p – толщина слоя вороха на решете, м;

B_p – ширина решета, м;

$J_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения вороха по решету, м/с;

$\gamma_{\text{вор}}$ – объемная масса вороха, кг/м³.

Из условия оптимальной толщины вороха на решете, при которой он успеет просепарироваться, принимают $h_p = 0,01$ м, от 0,006 до 0,01 м [4]. Из условий качественной сепарации скорость вороха берут $J_{\text{ср}} = 0,3$ м/с. Обычно для зерновых $\gamma_{\text{вор}} = 400 \dots 600$ кг/м³ [29] принимают согласно основной культуре.

Значение $q'_{\text{доп}}$ при обработке пшеницы на семена со средней влажностью 15 % принимают для решет предварительной очистки 1,6...2,0 кг/(с·м²), для решет вторичной очистки и сортирования 0,5...0,6 кг/(с·м²) [30]. При обработке продовольственного и фуражного зерна значения могут быть увеличены в 1,5...2,0 раза. В случае обработки на решетном сепараторе семян других культур можно пользоваться соотношением

$$q_{\text{доп}} = K_{\text{э}} q'_{\text{доп}}, \quad (6.26)$$

где $K_{\text{э}}$ – коэффициент эквивалентности.

При расчетах можно принимать следующие значения K_3 : 0,75 для ржи; 0,66...0,80 для ячменя, гороха, подсолнечника, кукурузы; 0,5...0,6 для овса, гречихи, проса; 0,15...0,20 для льна, клевера и люцерны; 0,3...0,4 для сахарной свеклы [29...30].

Удельная производительность решета, отнесенная к единице его ширины, может быть определена по выражению

$$q_B = \frac{q_{\text{расч}}}{B_p}. \quad (6.27)$$

Число решет определяем по выражению

$$z_p = \frac{F_p}{B_p L_p}, \quad (6.28)$$

где B_p и L_p – длина и ширина реальных решет в машине, м.

Результат по z_p округляют в большую сторону.

Значение оптимального ускорения решета, обеспечивающее его перемещение, определяем по формуле

$$j_0 = 4,2 \sqrt{\frac{360 q_B}{\varepsilon}}, \quad (6.29)$$

где ε – угол между направлением колебаний и плоскостью решета, град.

$$\varepsilon = \alpha + \beta, \quad (6.30)$$

где α – угол наклона решет, град;

β – угол колебания, град.

При расчетах угол наклона решет $\alpha = 5^\circ \dots 10^\circ$, угол колебаний для подсевных решет $\beta = 15^\circ$, сортировальных $\beta = 5^\circ$, отделяющих крупные примеси $\beta = 25^\circ$ [29...30].

Частоту колебаний решетного стана определяем по уравнению

$$n = \frac{1}{20} \sqrt{\frac{10 j_0}{A}}, \quad (6.31)$$

где A – амплитуда колебаний, м.

При расчете амплитуды колебаний решетного стана необходимо учитывать колебания рамы установки. Амплитуда колебаний определяется по выражению

$$A = rk', \quad (6.32)$$

где r – радиус кривошипа, м;

k' – коэффициент, учитывающий колебания рамы (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Зависимость коэффициента, учитывающего колебания, рамы от величины оптимального ускорения j_0

j_0	15	20	25	30	>30
k'	1	1,1	1,2	1,3	1,4

Существенное влияние на качество разделения зерновых смесей оказывает режим колебаний плоских решет, который оценивают показателем кинематического режима.

$$K_p = \frac{\omega_p^2 A}{g}, \quad (6.33)$$

где ω_p – угловая скорость кривошипа решета, c^{-1} :

$$\omega_p = \frac{\pi n}{30}. \quad (6.34)$$

Несмотря на большое количество работ по изучению процессов сепарации зерновых смесей на колеблющихся не обдуваемых решетках, до настоящего времени не удалось установить аналитические зависимости для выбора кинематического режима работы решет и, в частности, показателя K_p , обеспечивающего разделение зерновой смеси с заданной полнотой.

Поэтому режимы работы современных сепараторов установлены в результате опытно-конструкторских изысканий. Так, в зерноочистительных машинах и агрегатах частота колебаний решет $\omega_p = 30 \dots 50 c^{-1}$. Если учесть, что радиус кривошипа принимают в интервале от 7 до 10 мм, то диапазон изменения максимального ускорения решет составляет $9 \dots 25 m/c^2$, а показатель кинематического режима $K_p = 0,92 \dots 2,54$ [3, 4].

После выбора значений K_p следует вычислить предельные частоты n_v и n_n (кол./мин) колебаний решета, где n_v – верхний предел, n_n – нижний предел.

$$n_{\text{в}} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} K_{\text{в}}}; \quad (6.35)$$

$$n_{\text{н}} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{r} K_{\text{н}}}. \quad (6.36)$$

Граничные показатели $K_{\text{в}}$ и $K_{\text{н}}$ обусловлены при горизонтальных колебаниях только значениями угла наклона α решет и угла трения φ , причем

$$K_{\text{в}} = \text{tg}(\alpha + \varphi); \quad (6.37)$$

$$K_{\text{н}} = \text{tg}(\varphi - \alpha). \quad (6.38)$$

Наиболее часто при выделении зерновых угол установки решет принимают $\alpha = 10^\circ$, при коэффициенте трения f [29], равному коэффициенту трения основной культуры (приложение Д, таблица Д1).

В зависимости от значений $K_{\text{в}}$ и $K_{\text{н}}$ возможен различный характер относительного движения материальной точки по решетке без отрыва. При $K_{\text{р}} \leq K_{\text{н}}$ имеет место относительный покой, при $K_{\text{р}} < K_{\text{в}}$ – сдвиг только вниз, а при $K_{\text{р}} > K_{\text{в}}$ – сдвиг вверх и вниз. Во всех этих случаях $K_{\text{в}} > K_{\text{н}}$.

Мощность на привод решетного стана определяем по формуле

$$N_{\text{р}} = \frac{Gj_0^2}{460n}, \quad (6.39)$$

где G – масса решетного стана, кг.

$$G = B_{\text{р}} L_{\text{р}} (m_0 + q_{\text{доп}}) z_{\text{р}}, \quad (6.40)$$

где m_0 – удельная масса решет, кг/м².

Удельную массу решет m_0 с учетом элементов упрочнения и подвеса принимаем в интервале от 5 до 11 кг/м².

6.4 Определение конструктивных параметров пневматического аспирационного блока

Для создания воздушных потоков в зерноочистительных машинах применяют центробежные низконапорные вентиляторы. Основные параметры, характеризующие

вентилятор: рабочий расход воздуха, $Q_{в. раб}$ и полный рабочий напор $H_{п. раб}$. Производительность воздушных очисток оценивается количеством удаляемого вентилятором материала G_M в единицах объема воздуха.

$$G_M = \mu_{см} Q_{в. раб} g_B, \quad (6.41)$$

где $\mu_{см}$ – концентрация смеси, кг/кг;
 $Q_{в. раб}$ – рабочий расход воздуха, м³/с;
 g_B – плотность воздуха, кг/м³.

$$\mu_{см} = \frac{G_M}{G_B}, \quad (6.42)$$

где G_M – количество удаляемого вентилятором материала, кг/с;
 G_B – количество воздуха подаваемого для удаления материала, кг/с.

То есть соотношение между количеством материала, удаляемого за 1 с, и количеством воздуха, подаваемого за тоже время. Для предварительной очистки зернового материала $\mu_{см} = 0,025 \dots 0,040$ кг/кг, для основной $\mu_{см} = 0,15 \dots 0,30$ кг/кг, плотность воздуха $g_B = 1,2$ кг/м³ [29].

Работа воздушного потока в зерноочистительных машинах основана на разнице критических скоростей $V_{кр}$ для составляющих вороха, т. е. для $V_{в.кр.пр}$ примесей и $V_{в.кр.з}$ зерна. При этом рабочая скорость $V_{в.раб}$ вертикального и наклонного воздушного потока вентилятора должна быть больше критической скорости $V_{в.кр.пр}$ удаляемых фракций и меньше критической скорости $V_{в.кр.з}$ зерна:

$$V_{в.кр.пр} < V_{в.раб} < V_{в.кр.з}$$

В современных зерноочистительных машинах применяются два канала воздушной очистки. В первом, с меньшим $V_{в.раб}$, удаляются легкие сорняки и пыль, во втором, с большим $V_{в.раб}$, – остальные сорняки и неполновесное дробленое зерно.

Рабочий расход воздуха вентилятора $Q_{в.раб}$ определяется по зависимости

$$Q_{в.раб} = V_{в.раб} S, \quad (6.43)$$

где S – площадь выходного отверстия вентилятора, м².

Ширина вентилятора B_v для зерноочистительных машин обычно принимается равной ширине решета.

В случае если аспирационный канал комбинируется с решетной очисткой, то при расчетах необходимо учитывать ширину решетного стана.

$$S = B_p h_a, \quad (6.44)$$

где h_a – высота сечения аспирационного канала, м.

Для воздушнорешетных машин с шириной решета до 1 м и числом решет до четырех следует принимать $S = 0,05 \text{ м}^2$. Соответственно, толщину аспирационного канала следует принимать $h_a = 0,05 \text{ м}$ [29...30].

В случае расчета вентилятора для обдува решетного стана и при известном рабочем расходе воздуха вентилятором $Q_{в.раб.}$, высота выходного канала h определяется по формуле

$$h = \frac{Q_{в.раб.}}{B_v V_{в.раб.}}. \quad (6.45)$$

Необходимо согласовать величину h с длиной решета L_p так, чтобы струя воздуха обдувала решето по всей длине.

Полный рабочий напор вентилятора:

$$H_{п.раб.} = \frac{H_{п.т.}}{\eta}, \quad (6.46)$$

где $H_{п.т.}$ – полный теоретический напор вентилятора, Па;

η – манометрический КПД. Принимается по безразмерной характеристике вентилятора ($\eta = 0,8$) [29].

$$H_{п.т.} = H_{д.} + H_{ст.}, \quad (6.47)$$

где $H_{д.}$ – динамический напор вентилятора, Па;

$H_{ст.}$ – статический напор вентилятора, Па.

Динамический напор вентилятора определяется кинетической энергией объема воздуха, выходящего из вентилятора:

$$H_{д.} = g_v \frac{V_{в.раб.}^2}{2}, \quad (6.48)$$

где $V_{в.раб}$ – рабочая скорость воздуха на выходе из вентилятора, м/с.

Рабочие скорости воздушного потока вентилятора:

$$V_{в.кр.пр} \leq V_{в.раб} \leq V_{в.кр.з}.$$

Статическое давление принимается в зависимости от сопротивлений в воздушных каналах, возникающих при движении воздушного потока. Так как местные сопротивления пропорциональны динамическому напору, то

$$H_{СТ} = \psi H_D, \quad (6.49)$$

где ψ – суммарный коэффициент сопротивлений (потери напора вентилятора, потери напора воздуха о стенки воздушных каналов, на изгибы воздухопроводов, заслонки, сетки и т. д.). Для штампованных металлических решет принимать $\psi = 0,20 \dots 0,26$ [29...30].

Диаметр выходного отверстия вентилятора равен

$$d_0 = \sqrt{\frac{2Q_{в.раб.}}{\pi V_{в.раб.}}}. \quad (6.50)$$

Внутренний диаметр рабочего колеса вентилятора d_1 найдем из соотношения

$$d_0 = (1,0 \dots 1,3)d_1; \quad (6.51)$$

$$d_1 = d_0 / (1 \dots 1,3). \quad (6.52)$$

Внешний диаметр рабочего колеса вентилятора:

$$d_2 = \frac{2}{n} \sqrt{\frac{2H_{п.раб.}}{kg_B}}, \quad (6.53)$$

где n – частота вращения рабочего лопастного колеса вентилятора, мин^{-1} ;

k – коэффициент, зависящий от формы лопастей рабочего колеса и режима работы вентилятора (принимать $k = 0,9$) [29...30].

Значение n определяется из соотношений

$$\omega_B = 2\pi n; \quad (6.54)$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{J_{\text{в.раб.}}}{r_2}, \quad (6.55)$$

где $\omega_{\text{в}}$ – угловая скорость вентилятора, с^{-1} ;
 r_2 – внешний радиус рабочего колеса вентилятора, м.

Для вентиляторов, используемых в зерноочистительных машинах, n находится в пределах $500 \dots 1500 \text{ мин}^{-1}$ [29...30].

Мощность, необходимая для привода вентилятора:

$$N_{\text{в}} = k_3 \frac{Q_{\text{в.раб.}} \cdot H_{\text{п.раб.}}}{\eta_{\text{м}}}, \quad (6.56)$$

где $\eta_{\text{м}}$ – КПД привода вентилятора ($\eta_{\text{м}} = 0,95 \dots 0,98$) [29];
 k_3 – коэффициент запаса мощности с учетом пускового момента ($k_3 = 5 \dots 10$) [29...30].

6.5 Определение параметров и режимов работы триерного цилиндра

При необходимости разделения зернового вороха по длине, применяют триер – вращающийся стальной цилиндр с ячейками внутри (рисунок 6.5). При повороте цилиндра на небольшой угол (менее 90°), из ячеек выпадают длинные зерна, а короткие выпадают позже в желоб после дальнейшего поворота цилиндра, подъема и поворота ячейки с зерном. Триер для выделения коротких примесей (кукольный) снабжен мелкими ячейками, а для выделения длинных примесей (овсюжный) – крупными. Длинные зерна выводятся из триера за счет наклона цилиндра, короткие – шнеком, расположенным в желобе.

Используются стандартные диаметры цилиндров триеров: 400, 500, 600, 800 мм; длина их 750, 1500, 2250, 300 мм. Диаметр ячеек триера: 1,6; 1,8; 2,0; 2,5; 2,8; 3,1; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,3; 7,1; 8,0; 8,5; 9,0; 10,5; 11,2; 11,8; 12,5 мм [29].

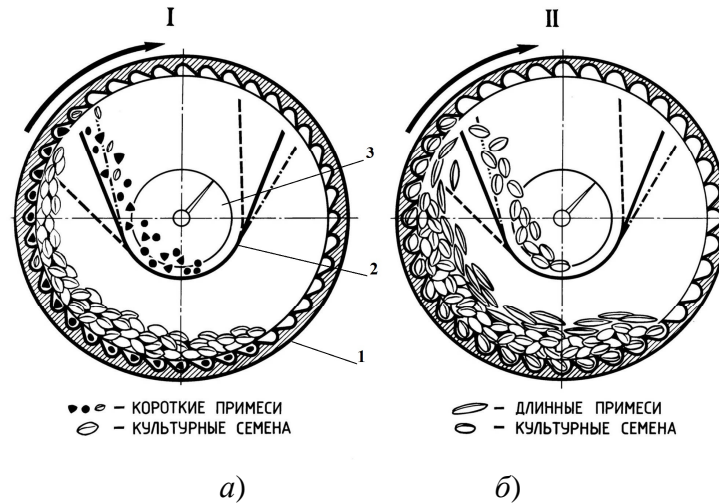
По проценту коротких примесей в исходном материале находим массу $q_{\text{к}}$ коротких зерен, подаваемых в триер:

$$q_{\text{к}} = \frac{b_{\text{к}} q}{100}, \quad (6.57)$$

где $b_{\text{к}}$ – процент коротких зерен в ворохе, %;
 q – подача материала в триер, кг/с.

Процент b_k коротких примесей принимаем по графикам распределения семян по длине.

Подачу материала q в триер определяем с учетом расположения триера в технологической схеме, выделенного зерна на прочих рабочих органах и фактически подаваемого материала в триерный цилиндр. Процент коротких зерен в ворохе b_k определяется по данным графиков.



а) отделение мелких примесей; б) отделение крупных примесей;

1 – триерный цилиндр; 2 – лоток; 3 – шнек

Рисунок 6.5 – Работа триерного цилиндра

Масса материала, выбранного одной ячейкой:

$$\delta = \lambda d_{\text{я}}^3 \gamma_{\text{вор}}, \quad (6.58)$$

где λ – коэффициент, учитывающий степень заполнения ячеек ($\lambda = 0,9$);

$d_{\text{я}}$ – диаметр ячейки цилиндра триера, м;

$\gamma_{\text{вор}}$ – плотность вороха, кг/м^3 .

Плотность материала вороха $\gamma_{\text{вор}}$ принимается равной плотности основной культуры. Диаметр ячейки цилиндра триера принимается из стандартных размеров выпускаемых промышленностью [29].

Для размещения коротких зерен нужное количество ячеек равно

$$Z = q_k / \delta. \quad (6.59)$$

Для цилиндрической поверхности площадь S_0 , приходящаяся на одну ячейку, будет равна

$$S_0 = (l_0 + d_{\text{я}})^2 \sqrt{3} / 2, \quad (6.60)$$

где l_0 – перемычка между ячейками ($m = 0,002$ м) [29].

Общая необходимая площадь для размещения Z ячеек:

$$A = S_0 Z. \quad (6.61)$$

Последовательность выполнения построений триера. Определить значение минимального и максимального углов трения зерновой смеси о материал ячеек триера. С учетом значений коэффициентов трения основной культуры и примесей, при заданных значения r и k , определить значения углов выпадения основной культуры α_{\min} и α_{\max} .

Частицы из ячейки выпадают при угле

$$\alpha = \arcsin(k \cos \varphi) + \varphi, \quad (6.62)$$

где k – показатель кинематического режима работы триерного цилиндра;

φ – угол трения частицы о поверхность ячейки, град.

Работа триерного цилиндра характеризуется показателем кинематического режима:

$$k = \omega^2 r_{\text{T}} / g, \quad (6.63)$$

где ω – скорость вращения цилиндра, c^{-1} ;

r_{T} – радиус цилиндра триера, м;

g – ускорение силы тяжести, m/c^2 .

Технологический процесс триером выполняется при $k < 1$. Для тихоходных триеров, выделяющих мелкие семена, $k = 0,15 \dots 0,3$. Для быстроходных триеров, выделяющих зерновые культуры, $k = 0,5 \dots 0,75$ [30].

Угол трения зерна о поверхность цилиндра φ изменяется в пределах от φ_{\min} до φ_{\max} , поэтому выпадение частиц из ячеек будет происходить не в одной точке, а в некоторой зоне от α_{\min} до α_{\max} , которые определяются согласно рисунку 6.6.

$$\alpha_{\min} = \arcsin(k \cos \varphi_{\min}) + \varphi_{\min}; \quad (6.64)$$

$$\alpha_{\max} = \arcsin(k \cos \varphi_{\max}) + \varphi_{\max}. \quad (6.65)$$

После выпадения из ячейки зерно будет двигаться по траектории, описываемой следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x} = \omega r D t_i \sin \alpha; \\ \dot{y} = \omega r D t_i \cos \alpha - \frac{g D t_i^2}{2}. \end{cases} \quad (6.66)$$

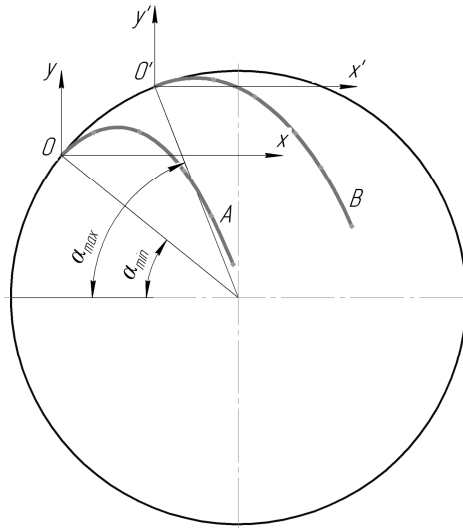


Рисунок 6.6 – Построение углов выпадения зерен из ячеек триерного цилиндра

Выпадение частиц из ячеек прекратится, если центростремительная сила, действующая на частицу, будет больше силы тяжести:

$$m_c \omega^2 r \geq m_c g,$$

где m_c – масса семян, кг.

Тогда критическое значение частоты вращения цилиндра, при котором обеспечивается выпадение частиц из ячейки равно

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{gk}{r}}, \quad (6.67)$$

или

$$n_{кр} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{gk}{r}}. \quad (6.68)$$

Аналогично определить значения углов выпадения α_{\min} для примесей попадающих в лоток (куколь) и α_{\max} для примесей (овсюг), не попадающих лоток, и координаты точек траектории полета частиц после выпадения из ячейки триерного цилиндра при Δt . Результаты расчетов занести в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 – Значения координат точек траектории полета зерна после выпадения из ячейки

Заданные постоянные величины	Координаты		Время полета (Δt_i)								
			0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32	0,36
$r =$	при α_{\min}	x									
		y									
$k =$	при α_{\max}	x									
		y									
$\omega =$											

Кукольный триер. На листе в масштабе вычертить окружность диаметром триерного цилиндра (рисунок 6.7) и отложить от горизонтали значение угла α_{\max} для зерна основной культуры и α_{\min} для примеси попадающей в лоток (куколь). В точке, на окружности расположения углов выпадения, разместить полярные системы координат и построить в принятом масштабе траекторию полета частицы для каждой культуры.

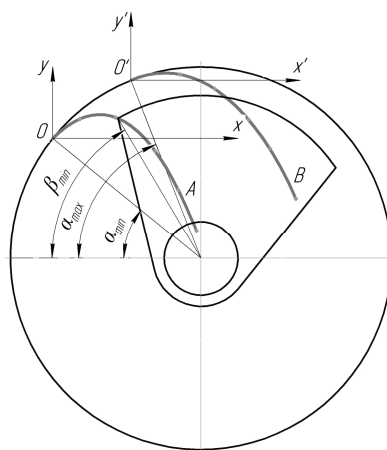


Рисунок 6.7 – Положение лотка

Овсяжный триер. На листе формата А₄ в масштабе вычертить окружность диаметром овсяжного цилиндра и, так как овсюг не попадает в лоток, а перемещается по дну цилиндра, отложить от горизонтали значение углов α_{\max} для овсюга и α_{\min} для основной культуры, попадающей в лоток. В точке, на окружности расположения углов выпадения, разместить полярные системы координат и построить в принятом масштабе траекторию полета частицы для каждой культуры.

Определить значение углов установки лотка (β_{\min} и β_{\max}). Для этого:

- измерить параметры лотка, вычертить его в масштабе выполнения схемы выпадения зерен из ячеек и вырезать шаблон;
- наложить шаблон на схему выпадения зерен из ячеек и определить углы β_{\min} и β_{\max} (рисунок 6.7).

Исходя из этой площади, определить размеры триера: т. е., приняв $r_{\text{тр}}$, найдем $L_{\text{тр}}$, или наоборот:

$$L_{\text{тр}} = A / (\omega_{\text{ц}} r_{\text{тр}}), \quad (6.69)$$

где $L_{\text{тр}}$ – длина триера, м;

$\omega_{\text{ц}}$ – угловая скорость вращения триерного цилиндра, с^{-1} ;

$r_{\text{тр}}$ – радиус триерного цилиндра, м.

Следует отметить, что угловая скорость вращения триерного цилиндра должна быть такой, чтобы все зерна выпадали из ячеек. Если она завышена, то центробежная сила удержит часть семян в ячейках и точность разделения зерна снизится. Из опытных данных угловая скорость вращения триерного цилиндра $\omega_{\text{ц}}$ должна находиться в пределах $0,6 \dots 0,85 \text{ с}^{-1}$ [30].

Производительность триера определяется как

$$Q_{\text{тр}} = 2 \pi \varepsilon q_0 r_{\text{тр}} L_{\text{тр}}, \quad (6.70)$$

где ε – коэффициент, учитывающий вид культуры (для пшеницы $\varepsilon = 1$, ржи – $0,75 \dots 0,90$, ячменя – $0,65 \dots 0,80$, клевера – $0,10 \dots 0,12$) [3, 4].

q_0 – удельная нагрузка на единицу площади ячеистой поверхности, $\text{кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$ (для пшеницы $q_0 = 0,15 \dots 0,18$; для овса $q_0 = 0,08 \dots 0,10$; для остальных культур – произвольно в пределах этих крайних интервалов) [30].

Расчет шнека триера. Радиус шнека для обеспечения необходимого угла ската зерна по рабочей стенке желоба во время работы равен:

- для концентрического расположения шнека

$$r_{\text{ш}} > r_{\text{тр}} \sin (\varphi - \alpha_0), \quad (6.71)$$

где α_0 – центральный угол установки желоба над горизонтальным диаметром, град;

- для эксцентрично расположенного шнека

$$r_{\text{ш}} > r_{\text{тр}} \sin (\varphi - \alpha_0) - e \cos \varphi, \quad (6.72)$$

где e – эксцентриситет между осью барабана и шнека, м.

Диаметр шнека желоба определяем по выражению

$$d_{\text{ш}} = \sqrt{\frac{4Q'}{9\pi n_{\text{ш}} S_{\text{ш}} \gamma_{\text{н}}}}, \quad (6.73)$$

где Q' – производительность шнека, кг/с;

$S_{\text{ш}}$ – шаг шнека, м;

$n_{\text{ш}}$ – частота вращения, мин⁻¹;

$\gamma_{\text{н}}$ – насыпная плотность зерна, кг/м³.

Производительность шнека для овсюжных триеров принимают равной производительности триера $Q' = Q_{\text{тр}}$, для кукольных $Q' = 0,15 Q_{\text{тр}}$. Частота вращения шнека может быть принята равной частоте вращения триера.

Шаг шнека определим по формуле

$$S_{\text{ш}} = 36 \sqrt{\frac{Q'}{n_{\text{ш}}}}. \quad (6.74)$$

Радиус закругления дна желоба равен

$$r_{\text{ж}} = \frac{d_{\text{ш}}}{2} + (5...8). \quad (6.75)$$

Список использованных источников

1. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ): учебно-методическое пособие / Н. Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2015. – 136 с.
2. Положение о порядке организации курсового проектирования и защиты курсовых проектов (работ) (введено в действие приказом № 176 от 26.06.2014).
3. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 и на период до 2020 года : рекомендации по применению / НАН Беларуси [и др.]; подгот.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : НАН Беларуси, 2014. – 138 с.
4. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные машины / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. – М. : КолосС, 2008. – 816 с.
5. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Лившиц. – М. : КолосС, 2004. – 624 с.
6. Босой, Е. С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин : учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е. С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов [и др.] ; под ред. Е. С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1977. – 432 с.
7. Новиков, А. В. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Дипломное проектирование : учебное пособие / А. В. Новиков, И. Н. Шило, В. Д. Лабодаев [и др.] ; под ред. А. В. Новикова. – Минск : Новое знание; М. : ИНФА–М, 2012. – 494 с.
8. Козловская, И. П. Технологические основы растениеводства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства» / И. П. Козловская [и др.]; под ред. И. П. Козловской. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 432 с.
9. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М. : Машиностроение, 1989. – 284 с.
10. Ковалев, Н. Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства) / Н. Г. Ковалев, Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев. – М. : Родник, 1998. – 113 с.
11. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин : в 4 т. / под ред. М. Н. Клецкина. – М. : Машиностроение, 1967–1969. – 4 т.
12. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1980. – 562 с.

13. Лурье, А. Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин / А. Б. Лурье, А. А. Громбичевский. – Л. : Машиностроение, 1977. – 528 с.
14. Зерноуборочные комбайны. Курсовое проектирование: учебное пособие / А. В. Кузьмицкий, А. Г. Никифоров, В. И. Ходосевич, Г. А. Радишевский. – Смоленск : ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2013. – 64 с.
15. Калинин, А. Б. Мировые тенденции и современные технические системы для возделывания картофеля: учебное пособие / А. Б. Калинин, В. А. Ружьев, И. З. Теплинский. – СПб. : Проспект Науки, 2016. – 160 с.
16. Бышов, Н. В. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, К. Н. Дрожжин [и др.]. – СПб. : Проспект Науки, 2005. – 284 с.
17. Туболев, С. С. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С. С. Туболев, С. И. Шеломенцев, К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук; под ред. Н. Н. Колчина. – М. : Агроспас, 2010. – 316 с.
18. Петров, Г. Д. Картофелеуборочные машины / Г. Д. Петров. – М. : Машиностроение, 1984. – 384 с.
19. Размыслович, И. Р. Практикум по сельскохозяйственным машинам : для с.-х. вузов по специальности «Механизация сельского хозяйства» / И. Р. Размыслович [и др.]. – Минск : Ураджай, 1997. – 381 с.
20. Халанский, В. М. Сельскохозяйственные машины / В. М. Халанский, И. В. Горбачев. – М. : КолосС, 2009. – 356 с.
21. Пиуновский, И. И. Машины для уборки трав и силосных культур (теория и расчет рабочих органов) / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец, Н. И. Дудко. – Горки : БГСХА, 2016. – 325 с.
22. Резник, Н. Е. Кормоуборочные комбайны / Н. Е. Резник. – М. : Машиностроение, 1980. – 375 с.
23. Короткевич, А. В. Технологии и машины для заготовки кормов из трав и силосных культур / А. В. Короткевич. – Минск : Ураджай, 1990. – 383 с.
24. Резник, Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н. Е. Резник. – М. : Машиностроение, 1975. – 311 с.
25. Сельскохозяйственные машины. Практикум / Под ред. А. П. Тарасенко. – М. : Колос, 2000. – 322 с.
26. Чеботарев, В. П. Сушка зерна. Теория, расчет, эксперимент / В. П. Чеботарев, И. В. Чеботарев. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 520 с.
27. Бердышев, В. Е. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах : учебное пособие. / В. Е. Бердышев и [др.]; под ред. М. А. Новикова. – 2-е изд. – СПб. : Проспект Науки, 2018. – 208 с.

28. Булавин, С. А. Сельскохозяйственные машины. Методические указания для выполнения практических работ / С. А. Булавин, А. В. Рыжков. – Белгород : Издательство Белгородской ГСХА, 2007. – 122 с.

29. Трубилин, Е. И. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян : учебное пособие для студентов сельскохозяйственных вузов / Е. И. Трубилин, Н. Ф. Федоренко, А. И. Тлишев. – Краснодар: БГАТУ, 2009. – 96 с.

30. Кузьмицкий, А. В. Машины и оборудование для очистки и сортирования зерновых и зернобобовых культур : учебно-методическое пособие / сост. А. В. Кузьмицкий [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 100 с.

31. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия : ГОСТ Р 52325–2005. – Введ. 01.01.2006. – М. : Стандартиформ, 2009. – 20 с.

32. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян : ГОСТ 12037–81. – Введ. 01.07.1982. – М. : Стандартиформ, 2011. – 34 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица А.1 – Технические характеристики плугов, применяемых в Республике Беларусь

Наименование показателя	Марка плуга													
	ПКМП-3-40	ПНО-3-40/55	ПЛН-4-40	ПО-4-40	ПКМ-5-40Р	ППО-(4+1)-40	ПКМ-6-40Р	ППО-(5+1)-40	ПГП-7-40	ППО-(5+1+1)-40	ППН-8-30/50	ПОП-8-40К	ПО-(6+4)-40/45	ПО-(8+4)-40
Тип плуга	Навесной	Навесной	Навесной	Полу-навесной	Полу-навесной	Полу-навесной	Полу-навесной	Полу-навесной	Навесной	Полу-навесной	Полу-навесной	Полу-навесной	Полу-навесной	Полу-навесной
Вид вспашки	Загонная	Гладкая	Загонная	Гладкая	Загонная	Гладкая	Загонная	Гладкая	Загонная	Гладкая	Загонная	Гладкая	Гладкая	Гладкая
Трактор для агрегатирования	МТЗ 80/82	Беларус 1221	Беларус 1221	Беларус 1221	Беларус 1221	Беларус 1221	Беларус 1522	Беларус 2522	К-701	Беларус 2522	Беларус 2522	Беларус 3022	Беларус 3522	Беларус 4022
Ширина захвата плуга, м	1,2	1,2	1,6	1,6	2,0	2,0	2,4	2,4	2,8	2,8	2,4...4,0	3,2	4,0...4,5	4,8
Ширина захвата корпуса, см	40	40/45/50/55	40	40	40	40	40	40	40	40	30/35/40/45/50	40	40/45	40
Количество корпусов	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	10	12
Рабочая скорость, км/ч	7...9	7...9	7...9	7...9	8,4	8,4	7...9	7...9	7...10	7...10	8...12	7...9	7...9	7...9
Производительность, га/ч	0,9...1,1	0,84...1,48	1,4...1,6	1,10...1,44	1,0...2,2	1,12...1,44	1,2...2,6	1,8...2,4	1,5...2,2	2,8	1,6...3,2	2,24	2,8...3,6	3,2...3,8
Расстояние между корпусами, мм, не менее	750	750	750	750	800							980	980	980
Расстояние от опорной плоскости корпусов до нижней плоскости рамы, мм, не менее	700	700	700	720	750	750	720	720	750	720	750	720	720	800
Масса плуга, кг	680	1120±50	800	2450	1830	3140	2040	3600	2275	3900	2500	5200	7800	8360
Габаритные размеры плуга, мм:														
– длина;	3900	4200	4320	5700	6900	6100	8200	7500	6400		9560	11800	16340	18000
– ширина;	1780	2000	1950	2850	3000	2800	3300	3000	3550		4120	3800	6000	4550
– высота.	1440	1520	1500	1710	1520	2600	1520	2550	1800		1580	2200	1630	2120

Таблица Б.1 – Технические характеристики зерноуборочных комбайнов, применяемых в Республике Беларусь

Показатели	ДОН-1500Б	КЗС-7	КЗС-10К	КЗС-1218	КЗС-14	КЗС-1624	Лида-1300	Лида-1600
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пропускная способность q_n молотильного аппарата, кг/с	До 12	7,0...8,0	≥ 10	12	≥ 14	≥ 16	7,5...8,4	
Допустимая нагрузка q_0 на 1 м длины бича молотильного аппарата, кг/м·с	0,62...0,72	0,6...0,7	0,6...0,7	0,75... 0,85	0,75... 0,85	0,75... 0,85	0,6...0,7	0,60... 0,75
Показатель степени, m	0,8...1,2							
a_x , Н	0,85...0,90 на каждые 100 кг массы молотильного барабана							
b_x , Нс ² /м ²	0,055...0,090							
a_T , Н·(кг/с) ⁻¹	100...120							
b_T , Н·(кг/с) ⁻²	8...10							
Коэффициент сопротивления качению, $f_{кач}$	0,07...0,09 (по стерне)							
Ширина захвата жатки, м	6; 7; 8,6	5; 6; 7	6; 7; 8; 9	7; 8; 9	7,5; 8; 9	8; 9	3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6,0	6,6
Радиус мотовила, м	0,566	0,566	0,566	0,566	0,566	0,566	0,539	0,55
Количество планок, шт.	5	5	5	5	5	5	6	6
Пределы регулирования оборотов мотовила, мин ⁻¹	15...49	10...69	10...69	10...69	8...69	8...69	5...49	5...48
Пределы регулирования мотовила по высоте, м	0,15...1,20	-22...+554	22...+554	-22...+554	-5...+470	-22...+554		
Пределы выноса мотовила относительно режущего аппарата, м	0,26... 0,64	0,205... 0,460	0,205... 0,460	0,205... 0,460	0,254... 0,554	0,254... 0,554		
Высота установки PA с копированием относительно поверхности поля, мм	50; 100; 145; 185	55; 90; 120; 160; 195	55;90; 120; 160; 195	55;90;120; 160; 195	50... 200	55; 90; 120; 160; 195	40; 70; 100;130	
Высота установки PA без копирования относительно поверхности поля, м	0,05	до 800	до 800	до 800	до 1100	до 800		
Ход PA , мм	88	85	85	85	85	85	85	85
Частота вращения ведущего вала привода PA , мин ⁻¹	473	568,03	556,85	556,85	5587,37	569,12	605	605
Масса одного погонного метра ножа (m_0), кг/м	2,0...2,2							
Диаметр молотильного барабана, мм: – основного; – барабана-ускорителя	0,800 –	0,800 –	0,800 –	0,800 0,600	0,600 0,450		0,600 –	0,600 0,570

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ширина молотильного барабана, мм	1, 184	1180	1480	1480	1480	1680	1300	1630
Количество бичей на барабане, шт.	10	10	10	10	8	8	8	
Коэффициент сепарации зерна декой, ϵ	0,86... 0,95	0,85... 0,95	0,95... 0,90	0,85... 0,93	0,85... 0,94	0,85... 0,94	0,88... 0,95	0,88... 0,95
Пределы вращения молотильного барабана, min^{-1}	570...954	520,6...870	520,6... 870	441,6... 875,8	396... 1152	576... 1143	640... 1200	386... 1250
Масса барабана, кг	370	290	365	365	412		320	395
Количество клавишей соломотряса, шт.	5	4	5	5	6	–	5	6
Ширина клавиши, мм	272	284	284	284	272	–	250	250
Длина клавиши соломотряса, мм	4100	4100	4100	4100	4300	–	3650	
Частота вращения коленчатого вала соломотряса, min^{-1}	199	193	201	193	193	233	198	198
Радиус кривошипа коленчатого вала соломотряса, мм	60	60	60	60	50	–	60	60
Угол наклона клавиши соломотряса к горизонту α , град	12	12	12	12	14	–	12	12
Общая площадь сепарирующей поверхности очистки, м^2	3,91	3,86	5,0	5,0	5,8	5,4	4,21	6,8
Площадь сепарирующей поверхности верхнего решета, м^2	2,01	1,88	2,85	3,0	3,2	3,0	2,16	4,23
Мощность двигателя, кВт	162	132	184	246	265	277	179	239
Максимальная скорость передвижения комбайна на рабочем ходу, м/с	2,2	2,2	2,2	2,2	2,7	2,7	2,2	2,78
КПД трансмиссии ходовой части комбайна, $\eta_{\text{тр}}$	0,70... 0,85	0,70... 0,85	0,70... 0,85	0,70... 0,85	0,70... 0,85	0,72... 0,85	0,77... 0,89	0,77... 0,89
Коэффициент буксования, μ_d	0,95...0,98							
Мощность остальных рабочих органов, кВт	с копнителем	18...22	13,0...15,5	–	–	–	–	–
	с измельчителем	37...45	27...30	43...52	57...69	61...74	64...78	45...50
Масса комбайна, кг	13400	11600	15550	16600	18000	20800	11330	17000
Емкость бункера зерна, м^3	6	5	7	8	10,5	10	6,3	9

Таблица Б.2 – Объемная масса соломы, допустимая нагрузки на 1 м² верхнего решета очистки и коэффициент условий работы соломотряса в зависимости от влажности хлебной массы

Влажность хлебной массы, %	Объемная масса соломы γ , кг/м ³	Допустимая нагрузка на 1 м ² верхнего решета, $q_{оч}$, кг/(с·м ²)	Коэффициент условий работы соломотряса и очистки, k_o
14	10,0	2,5	1,0
15	11,1	2,4	0,98
16	12,1	2,3	0,96
17	13,2	2,2	0,94
18	14,3	2,1	0,92
19	15,3	2,0	0,90
20	16,4	1,9	0,88
21	17,2	1,8	0,86
22	18,4	1,7	0,84
23	19,5	1,6	0,82
24	20,6	1,5	0,80

Таблица Б.3 – Линейная скорость бичей молотильного аппарата

Культура	Линейная скорость бичей, м/с		
	Однobarабанные МА	Двухбарабанные МА	
		Первый барабан	Второй барабан
Пшеница, овес	30...32	28...30	30...32
Рожь, ячмень	28...30	27...29	30...31
Подсолнечник	13...15	10...12	13...15
Гречиха, соя	15...18	13...16	15...18
Горох	12...15	10...11	11...13
Кукуруза	10...12	8...10	10...12

Таблица В.1 – Технические характеристики картофелеуборочных комбайнов и машин, применяемых в Республике Беларусь

Наименование показателей	Марка комбайна					
	ПКК-2-05	КПБ-260-2	КПК-2-01	КСК-4-1	ККС-2	Л-601
Тип комбайна	полунавесной	полунавесной	полуприцепной	самоходный	самоходный	полуприцепной
Количество убираемых рядков	2	2	2	4	2	2
Трактор для агрегатирования	МТЗ-1523	МТЗ-1523	МТЗ-80/82	–	–	МТЗ-80/82
Рабочая ширина захвата, м	1,5...1,7	1,5...1,7	1,5...1,7	2,8	1,5...1,7	1,5...1,7
Рабочая скорость, км/ч	1,8...4,0	2,0...4,0	1,0...6,0	1,0...6,0		1,0...6,0
Производительность, га/ч	0,8...1,0	1,2...1,4	0,3...0,8	0,8...1,6	1,8...2,0	0,25
Вместимость бункера-накопителя, кг	5000	6000	750	нет	7500	800
Максимальная погрузочная высота в транспортное средство, мм	4000	4000	2400	3100	4000	2100
Мощность двигателя, кВт	114,0	114,0	60,0	110,0	205	60,0
Габаритные размеры, мм						
длина	10000		8000	6490	11700	6400
ширина	4000		6000	10000	3290	2700
высота	4000		3800	3870	3990	2700
Масса, кг	6800	8700	5600	11900	18600	2150

Таблица В.2 – Исходные данные для проектирования

№ варианта	Параметры грядки и клубненосного гнезда							Глубина подкапывания, a , м	Плотность почвы, ρ_n , кг/м ³	Марка машины	Коэф. трения, f
	b_1 , м	b_2 , м	h , м	$h_{нк}$, м	$h_{вк}$, м	$b_{кл}$, м	h_{max} , м				
1	0,56	0,12	0,15	0,21	0,03	0,24	0,180	0,22	1100	КТН-2В	0,34
2	0,55	0,19	0,15	0,20	0,04	0,23	0,185	0,22	1200	КСТ-1,4А	0,36
3	0,57	0,13	0,14	0,19	0,05	0,26	0,180	0,21	1105	ПКК-2-02	0,41
4	0,50	0,18	0,14	0,18	0,03	0,26	0,175	0,20	1220	КПУ-2	0,46
5	0,49	0,12	0,15	0,17	0,04	0,28	0,170	0,19	1300	КТН-2В	0,37
6	0,51	0,17	0,12	0,16	0,05	0,29	0,165	0,19	1240	КСТ-1,4А	0,39
7	0,57	0,14	0,15	0,17	0,05	0,28	0,160	0,20	1110	ПКК-2-02	0,43
8	0,52	0,17	0,14	0,20	0,04	0,30	0,165	0,21	1260	КПУ-2	0,52
9	0,55	0,15	0,12	0,19	0,03	0,29	0,180	0,21	1120	КТН-2В	0,37
10	0,51	0,14	0,12	0,20	0,05	0,28	0,175	0,21	1350	КСТ-1,4А	0,40
11	0,53	0,16	0,13	0,21	0,04	0,27	0,185	0,22	1280	ПКК-2-02	0,39
12	0,56	0,16	0,13	0,20	0,03	0,26	0,178	0,22	1110	Л-601	0,38
13	0,54	0,15	0,12	0,21	0,03	0,25	0,176	0,22	1300	КТН-2В	0,43
14	0,54	0,17	0,14	0,20	0,04	0,27	0,185	0,22	1140	КСТ-1,4А	0,35
15	0,53	0,16	0,14	0,19	0,05	0,20	0,186	0,20	1400	ПКК-2-02	0,44
16	0,55	0,16	0,13	0,18	0,05	0,26	0,180	0,20	1290	Л-601	0,46
17	0,52	0,18	0,15	0,17	0,04	0,28	0,175	0,19	1150	КТН-2В	0,48
18	0,56	0,15	0,11	0,16	0,03	0,28	0,170	0,18	1270	КСТ-1,4А	0,43
19	0,58	0,19	0,14	0,17	0,03	0,29	0,175	0,19	1160	ПКК-2-02	0,45
20	0,52	0,18	0,16	0,18	0,04	0,26	0,185	0,20	1450	Л-601	0,50
21	0,53	0,20	0,15	0,19	0,05	0,27	0,176	0,21	1170	КТН-2В	0,47
22	0,53	0,14	0,16	0,20	0,05	0,20	0,180	0,21	1250	КСТ-1,4А	0,46
23	0,54	0,21	0,14	0,21	0,04	0,28	0,190	0,22	1180	ПКК-2-02	0,37
24	0,54	0,13	0,15	0,19	0,03	0,26	0,185	0,22	1230	Л-601	0,38
25	0,52	0,15	0,13	0,18	0,04	0,28	0,170	0,20	1470	КТН-2В	0,37
26	0,51	0,16	0,12	0,16	0,05	0,27	0,166	0,19	1250	КСТ-1,4А	0,42
27	0,54	0,18	0,16	0,19	0,03	0,28	0,180	0,21	1320	ПКК-2-02	0,41
28	0,53	0,19	0,14	0,18	0,04	0,29	0,178	0,18	1280	Л-601	0,38
29	0,56	0,17	0,15	0,20	0,05	0,30	0,169	0,20	1190	КТН-2В	0,44
30	0,55	0,18	0,12	0,17	0,03	0,28	0,168	0,22	1250	КСТ-1,4А	0,46

Таблица Г.1 – Технические характеристики кормоуборочных комбайнов

Наименование показателей	Марка комбайна							
	КДП-3000	КПК-3000	КВК-6025	КВК-8060	КВК-800	RSM1401	Дон 680	КСК-100
Тип комбайна	Прицепной	Полунавесной	Самоходный	Самоходный	Самоходный	Самоходный	Самоходный	Самоходный
Ширина захвата, м: – жатки для грубостебельных культур; – подборщика; – жатки для трав	3,0 2,0; 3,0 3,4	3,0 2,2; 3,0 3,3; 4,2	3,0 3,0 5,0	6,0 2,7; 3,8 6,0	4,5 3,0 5,0	6,0 4,2; 3,0 5,0	6,0 2,2; 3,0 5,0	
Производительность, т/ч: на уборке кукурузы/трав	90/50	90/50						
Питающий аппарат: – ширина, мм; – количество вальцов	4	4	650 5		770 4	680 4	680 5	
Тип измельчающего аппарата	Радиально-дисковый	Радиально-дисковый	Барабанный	Барабанный	Барабанный	Барабанный	Барабанный	Барабанный
– диаметр/длина, мм:			750		630	630/700	750/700	
– количество ножей;	12 измельчающих ножей, 12 швыряющих лопаток	12 измельчающих ножей, 12 швыряющих лопаток	24		40	24	24	
– частота вращения оборотов, мин ⁻¹			1173		1200	1200	1200	
Доизмельчитель								
– тип;		Вальцово-дисковый	Поддон с рифленным и бичами	Зубчатые вальцы	Зубчатые вальцы	Зубчатые вальцы	Роторный	
– диаметр вальцов, мм						190	190	
Выгрузное устройство:								
– диаметр ротора ускорителя, мм;						510	550	
– частота вращения, мин ⁻¹ ;						2160	1678	
– угол поворота силосопровода, град		270				200	200	
Мощность двигателя, кВт:	110	213	172		330	294	213	
Габаритные размеры в рабочем положении, мм:								
– длина;	10150	3015	7400		8850			
– ширина;	4440	6635	5100		5000			
– высота	3650	4265	3640		40000			
Масса, кг	4350	3160	9250		13500			

Таблица Д.1 – Коэффициент трения сельскохозяйственных материалов

Растение	Трения покоя				Трения скольжения			
	Сталь		Резина		Сталь		Резина	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Пшеница	0,40	0,60	0,500	0,70	0,30	0,50	0,50	0,60
Рожь	0,39	0,59	0,490	0,68	0,30	0,49	0,50	0,59
Ячмень	0,50	0,65	0,550	0,76	0,44	0,57	0,51	0,64
Овес (зерно нешелушеное)	0,44	0,62			0,40	0,45		
Овес (зерно шелушеное (ядро))	0,53	0,73			0,38	0,44		
Кукуруза	0,51	0,62			0,41	0,52		
Гречиха (зерно нешелушеное)	0,38	0,42			0,30	0,40		
Гречиха (шелушеное (ядрица))	0,41	0,46			0,36	0,43		
Просо	0,35	0,43			0,32	0,40		
Горох	0,07	0,407	0,105	0,51	0,05	0,43		
Подсолнечник	0,50	0,65	0,550	0,76	0,44	0,57	0,51	0,64
Сахарная свекла	0,52	0,66	0,560	0,78	0,41	0,59	0,53	0,65
Клевер	0,36	0,42			0,31	0,39		
Люцерна	0,33	0,40			0,30	0,40		
Эспарцет	0,42	0,51			0,34	0,45		
Тимофеевка	0,38	0,42			0,30	0,40		
Житняк	0,41	0,46			0,36	0,43		
Ежа сборная	0,35	0,43			0,32	0,40		
Овсяница луговая	0,29	0,39			0,25	0,30		
Амброзия полынистая	0,40	0,44			0,33	0,39		
Василек синий	0,43	0,61			0,41	0,47		
Вьюнок полевой	0,51	0,70			0,42	0,54		
Горчак ползучий	0,35	0,40			0,29	0,36		
Горчица полевая	0,32	0,38			0,28	0,37		
Данник белый	0,41	0,49			0,32	0,42		
Марь белая	0,37	0,40			0,28	0,37		
Просо куриное	0,40	0,44			0,34	0,40		
Овсяг	0,34	0,41			0,30	0,37		
Редька дикая	0,28	0,37			0,23	0,27		
Щирица	0,39	0,42			0,31	0,36		
Белена черная	0,42	0,59			0,39	0,44		

Таблица Д.2 – Физико-механические свойства зерна и семян растений

Растение	Скорость витания, м/с	Плотность, г/см	Длина (a)		Ширина (b)		Толщина (c)	
			min	max	min	max	min	max
Пшеница	8,5...11,5	1,2...1,5	4,0	8,6	1,6	4,0	1,5	3,8
Рожь	8,3...10,0	1,2...1,5	5,0	10,0	1,4	3,6	1,2	3,5
Ячмень	8,4...10,8	1,3...1,4	7,0	14,6	2,0	5,0	1,4	4,5
Овес	8,0...9,0	1,2...1,4	8,0	18,6	1,4	4,0	1,2	3,6
Кукуруза	10,0...17,0	1,0...1,4	5,2	24,0	5,0	10,0	3,0	8,0
Гречиха	2,5...9,5	1,2...1,3	4,4	8,0	3,0	5,2	2,0	4,2
Просо	2,5...9,5	1,2...1,3	1,8	3,2	1,2	3,0	1,0	2,2
Горох	7,0...16,0	1,15...1,5	4,0	8,8	3,7	8,0	3,5	8,0
Подсолнечник	4,0...14,0	0,9...1,4	7,5	15,0	3,5	8,6	1,7	6,0
Сахарная свекла	4,0...6,0	0,8...0,9	2,5	7,0	2,5	7,0	1,8	4,0
Клевер	3,0...8,0	0,9...1,5	0,8	2,7	0,8	2,0	0,4	1,4
Люцерна	2,5...8,0	0,9...1,3	1,1	2,5	0,8	2,0	0,5	1,3
Эспарцет	3,5...8,3	0,7...1,1	4,0	8,0	3,0	6,0	1,7	4,0
Тимофеевка	1,8...6,0	0,8...1,1	1,2	2,3	0,6	1,3	0,4	1,0
Житняк	0,8...5,0	0,8...1,2	3,5	6,8	0,9	2,0	0,7	1,3
Ежа сборная	0,8...6,0	0,6...0,9	4,5	7,5	0,9	2,5	0,5	1,5
Овсяница луговая	0,5...3,5	0,8...1,0	2,7	5,0	1,2	2,5	0,5	1,5
Амброзия полынистая	3,2...5,9	1,0...1,3	2,2	5,4	1,7	3,0	1,6	2,7
Василек синий	2,1...5,9	0,7...1,1	1,8	3,8	0,7	1,3	0,4	1,0
Вьюнок полевой	5,1...8,9	0,9...1,5	2,4	4,4	1,7	3,1	1,4	2,6
Горчак ползучий	2,7...5,5	0,7...1,5	2,6	4,0	1,1	2,1	0,7	1,3
Горчица полевая	4,2...7,2	0,8...1,4	1,6	1,9	0,9	1,8	0,8	1,6
Данник белый	2,4...4,4	0,7...1,2	2,9	4,9	1,2	2,0	0,8	1,4
Марь белая	2,1...5,1	0,7...1,2	1,0	2,0	1,0	1,8	0,4	1,4
Просо куриное	2,2...4,4	0,7...1,2	2,9	4,5	1,5	2,3	1,0	1,8
Овсяг	5,5...8,3	0,95...1,4	10,0	18,6	1,6	3,2	1,3	3,0
Редька дикая	3,1...7,3	0,7...1,0	2,2	6,9	2,0	4,2	1,8	4,0
Щирица	3,3...6,3	1,1...1,5	1,8	2,5	0,7	1,3	0,4	1,0
Белена черная	6,0...14,0	1,1...1,45	4,1	8,8	3,2	8,0	3,1	8,0

Таблица Д.3 – Плотность вероятности нормального распределения $J(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$

t	0	1	2	5	4	5	6	7	8	9	t
0,0	0,3989	0,3989	0,3989	3989	3986	3984	3982	3980	3977	3973	0,0
0,1	3970	3965	0,3961	3956	3951	3945	3939	3932	3925	3918	0,1
0,2	3910	3902	3894	3888	3876	3867	3857	3847	3836	3825	0,2
0,3	3814	3802	3790	3778	3765	3752	3739	3726	3712	3697	0,3
0,4	3683	3668	3653	3637	3621	3605	3589	3572	3555	3538	0,4
0,5	3521	3503	3485	3467	3448	3429	3410	3391	3372	3352	0,5
0,6	3332	3312	3292	3271	3251	3230	3209	3187	3166	3144	0,6
0,7	3123	3101	3079	3056	3034	3011	2989	2966	2943	2920	0,7
0,8	2897	2874	2850	2827	2803	2780	2756	2732	2709	2685	0,8
0,9	2261	2637	2613	2589	2565	2541	2516	2492	2468	2444	0,9
1,0	0,2420	2396	2371	2347	2323	2299	2275	2251	2227	2203	1,0
1,1	2179	2155	2131	2107	2083	2059	2036	2012	1989	1965	1,1
1,2	1942	1919	1985	1872	1849	1826	1804	1781	1758	1736	1,2
1,3	1714	1691	1669	1647	1626	1604	1582	1561	1539	1518	1,3
1,4	1497	1476	1456	1435	1415	1394	1374	1354	1334	1315	1,4
1,5	1259	1276	1257	1238	1219	1200	1182	1163	1145	1127	1,5
1,6	1109	1092	1074	1057	1040	1023	1006	0989	0973	0957	1,6
1,7	0940	0925	0909	0893	0878	0863	0848	0833	0818	0804	1,7
1,8	0790	0775	0761	0748	0734	0721	0707	0694	0681	0669	1,8
1,9	0656	0644	0632	0620	0608	0569	0584	0573	0562	0551	1,9
2,0	0,0540	0529	0519	0508	0498	0488	0478	0468	0459	0449	2,0
2,1	0440	0431	0422	0413	0404	0396	0388	0379	0371	0363	2,1
2,2	0355	0357	0339	0332	0325	0317	0310	0303	0297	0290	2,2
2,3	0283	0277	0270	0264	0258	0252	0246	0241	0235	0229	2,3
2,4	0224	0219	0113	0208	0203	0198	0194	0189	0184	0180	2,4
2,5	0175	0171	0167	0163	0158	0154	0151	0147	0143	0139	2,5
2,6	0136	0132	0129	0126	0122	0119	0116	0113	0110	0107	2,6
2,7	0104	0101	0099	0096	0093	0091	0088	0086	0084	0081	2,7
2,8	0079	0077	0075	0073	0071	0069	0067	0065	0063	0061	2,8
2,9	0060	0058	0056	0055	0053	0051	0050	0048	0047	0046	2,9
3,0	0,0044	0043	0042	0040	0039	0038	0037	0036	0035	0034	3,0
3,1	0033	0032	0031	0030	0029	0028	0027	0026	0025	0025	3,1
3,2	0024	0023	0022	0022	0021	0020	0020	0019	0018	0018	3,2
3,3	0017	0017	0016	0016	0015	0015	0014	0014	0013	0013	3,3
3,4	0012	0012	0012	0011	0011	0010	0010	0010	0009	0009	3,4
3,5	0009	0008	0008	0008	0008	0007	0007	0007	0007	0006	3,5
3,6	0006	0006	0006	0005	0005	0005	0005	0005	0005	0004	3,6
3,7	0004	0004	0004	0004	0004	0004	0003	0003	0003	0003	3,7
3,8	0003	0003	0003	0003	0003	0002	0002	0002	0002	0002	3,8
3,9	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0001	0001	3,9

Таблица Д.4 – Значение функции Лапласа

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0	0	0,5	0,19146	1	0,34134	1,5	0,43319	2	0,47725	3	0,49865
0,01	0,00399	0,51	0,19497	1,01	0,34375	1,51	0,43448	2,02	0,47831	3,05	0,49886
0,02	0,00798	0,52	0,19847	1,02	0,34614	1,52	0,43574	2,04	0,47932	3,1	0,49903
0,03	0,01197	0,53	0,20194	1,03	0,34849	1,53	0,43699	2,06	0,4803	3,15	0,49918
0,04	0,01595	0,54	0,2054	1,04	0,35083	1,54	0,43822	2,08	0,48124	3,2	0,49931
0,05	0,01994	0,55	0,20884	1,05	0,35314	1,55	0,43943	2,1	0,48214	3,25	0,49942
0,06	0,02392	0,56	0,21226	1,06	0,35543	1,56	0,44062	2,12	0,483	3,3	0,49952
0,07	0,0279	0,57	0,21566	1,07	0,35769	1,57	0,44179	2,14	0,48382	3,35	0,4996
0,08	0,03188	0,58	0,21904	1,08	0,35993	1,58	0,44295	2,16	0,48461	3,4	0,49966
0,09	0,03586	0,59	0,2224	1,09	0,36214	1,59	0,44408	2,18	0,48537	3,45	0,49972
0,1	0,03983	0,6	0,22575	1,1	0,36433	1,6	0,4452	2,2	0,4861	3,5	0,49977
0,11	0,0438	0,61	0,22907	1,11	0,3665	1,61	0,4463	2,22	0,48679	3,55	0,49981
0,12	0,04776	0,62	0,23237	1,12	0,36864	1,62	0,44738	2,24	0,48745	3,6	0,49984
0,13	0,05172	0,63	0,23565	1,13	0,37076	1,63	0,44845	2,26	0,48809	3,65	0,49987
0,14	0,05567	0,64	0,23891	1,14	0,37286	1,64	0,4495	2,28	0,4887	3,7	0,49989
0,15	0,05962	0,65	0,24215	1,15	0,37493	1,65	0,45053	2,3	0,48928	3,75	0,49991
0,16	0,06356	0,66	0,24537	1,16	0,37698	1,66	0,45154	2,32	0,48983	3,8	0,49993
0,17	0,06749	0,67	0,24857	1,17	0,379	1,67	0,45254	2,34	0,49036	3,85	0,49994
0,18	0,07142	0,68	0,25175	1,18	0,381	1,68	0,45352	2,36	0,49086	3,9	0,49995
0,19	0,07535	0,69	0,2549	1,19	0,38298	1,69	0,45449	2,38	0,49134	3,95	0,49996
0,2	0,07926	0,7	0,25804	1,2	0,38493	1,7	0,45543	2,4	0,4918	4	0,49997
0,21	0,08317	0,71	0,26115	1,21	0,38686	1,71	0,45637	2,42	0,49224	4,05	0,49997
0,22	0,08706	0,72	0,26424	1,22	0,38877	1,72	0,45728	2,44	0,49266	4,1	0,49998
0,23	0,09095	0,73	0,2673	1,23	0,39065	1,73	0,45818	2,46	0,49305	4,15	0,49998
0,24	0,09483	0,74	0,27035	1,24	0,39251	1,74	0,45907	2,48	0,49343	4,2	0,49999
0,25	0,09871	0,75	0,27337	1,25	0,39435	1,75	0,45994	2,5	0,49379	4,25	0,49999
0,26	0,10257	0,76	0,27637	1,26	0,39617	1,76	0,4608	2,52	0,49413	4,3	0,49999
0,27	0,10642	0,77	0,27935	1,27	0,39796	1,77	0,46164	2,54	0,49446	4,35	0,49999
0,28	0,11026	0,78	0,2823	1,28	0,39973	1,78	0,46246	2,56	0,49477	4,4	0,49999
0,29	0,11409	0,79	0,28524	1,29	0,40147	1,79	0,46327	2,58	0,49506	4,45	0,5
0,3	0,11791	0,8	0,28814	1,3	0,4032	1,8	0,46407	2,6	0,49534	4,5	0,5
0,31	0,12172	0,81	0,29103	1,31	0,4049	1,81	0,46485	2,62	0,4956	4,55	0,5
0,32	0,12552	0,82	0,29389	1,32	0,40658	1,82	0,46562	2,64	0,49585	4,6	0,5
0,33	0,1293	0,83	0,29673	1,33	0,40824	1,83	0,46638	2,66	0,49609	4,65	0,5
0,34	0,13307	0,84	0,29955	1,34	0,40988	1,84	0,46712	2,68	0,49632	4,7	0,5
0,35	0,13683	0,85	0,30234	1,35	0,41149	1,85	0,46784	2,7	0,49653	4,75	0,5
0,36	0,14058	0,86	0,30511	1,36	0,41309	1,86	0,46856	2,72	0,49674	4,8	0,5
0,37	0,14431	0,87	0,30785	1,37	0,41466	1,87	0,46926	2,74	0,49693	4,85	0,5
0,38	0,14803	0,88	0,31057	1,38	0,41621	1,88	0,46995	2,76	0,49711	4,9	0,5
0,39	0,15173	0,89	0,31327	1,39	0,41774	1,89	0,47062	2,78	0,49728	4,95	0,5
0,4	0,15542	0,9	0,31594	1,4	0,41924	1,9	0,47128	2,8	0,49744	5	0,5
0,41	0,1591	0,91	0,31859	1,41	0,42073	1,91	0,47193	2,82	0,4976		
0,42	0,16276	0,92	0,32121	1,42	0,4222	1,92	0,47257	2,84	0,49774		
0,43	0,1664	0,93	0,32381	1,43	0,42364	1,93	0,4732	2,86	0,49788		
0,44	0,17003	0,94	0,32639	1,44	0,42507	1,94	0,47381	2,88	0,49801		
0,45	0,17364	0,95	0,32894	1,45	0,42647	1,95	0,47441	2,9	0,49813		
0,46	0,17724	0,96	0,33147	1,46	0,42785	1,96	0,475	2,92	0,49825		
0,47	0,18082	0,97	0,33398	1,47	0,42922	1,97	0,47558	2,94	0,49836		
0,48	0,18439	0,98	0,33646	1,48	0,43056	1,98	0,47615	2,96	0,49846		
0,49	0,18793	0,99	0,33891	1,49	0,43189	1,99	0,4767	2,98	0,49856		

Таблица Д.5 – Технические характеристики машин предварительной очистки

Показатели	ЗД-10.000	ОВП-20А	К-523	К-527А	МПО-50М	СПО-125	ОЗС-50	ОЗС-100
Производительность, т/ч	20	20	25	50	50	125	50	100
Габаритные размеры, мм	1995×1500 ×3280	4355×5000 ×1880	2155×2075 ×2660	3060×2570 ×1980	2850×1895 ×2070	3070×1900 ×3000	2950×1850× 2400	3600×1900× 2800
Установленная мощность, кВт, в том числе: – привод вентилятора; – привод сетчатого транспортера; – привод питающего валика	4	8,8	4,1	13,05	7,5	12,47 11 1,1 0,37	10,8	12,0
Число решет, шт.	2	8	2	7	1 трансп.	1 трансп.	1 трансп.	1 трансп.
Размеры решет, мм	790×990	790×990	–	714×1530				
Масса, кг	703	1970	950	2670	980	1250	1100	1500
Основные показатели качества: – после однократной обработки материала содержание в нем сорной примеси, %, не более; – в том числе солоистой, %, не более; – потери зерна основной культуры в, %, не более; – дробление зерна, %, не более; Эффективность очистки, %, не менее	3,0 0,2 0,2 0,1 50	3,0 0,2 0,2 0,1 50	3,0 0,2 0,2 0,1 50	3,0 0,2 0,2 0,1 50	3,0 0,2 0,2 0,1 50	3,0 0,2 0,2 0,1 50	3,0 0,2 0,2 0,1 50	3,0 0,2 0,2 0,1 50
Расход воздуха на аспирацию, м ³ /ч, не более	1200	1000	1100	1100	1000	1000	1000	1000

Таблица Д.6 – Техническая характеристика машин первичной очистки зерна

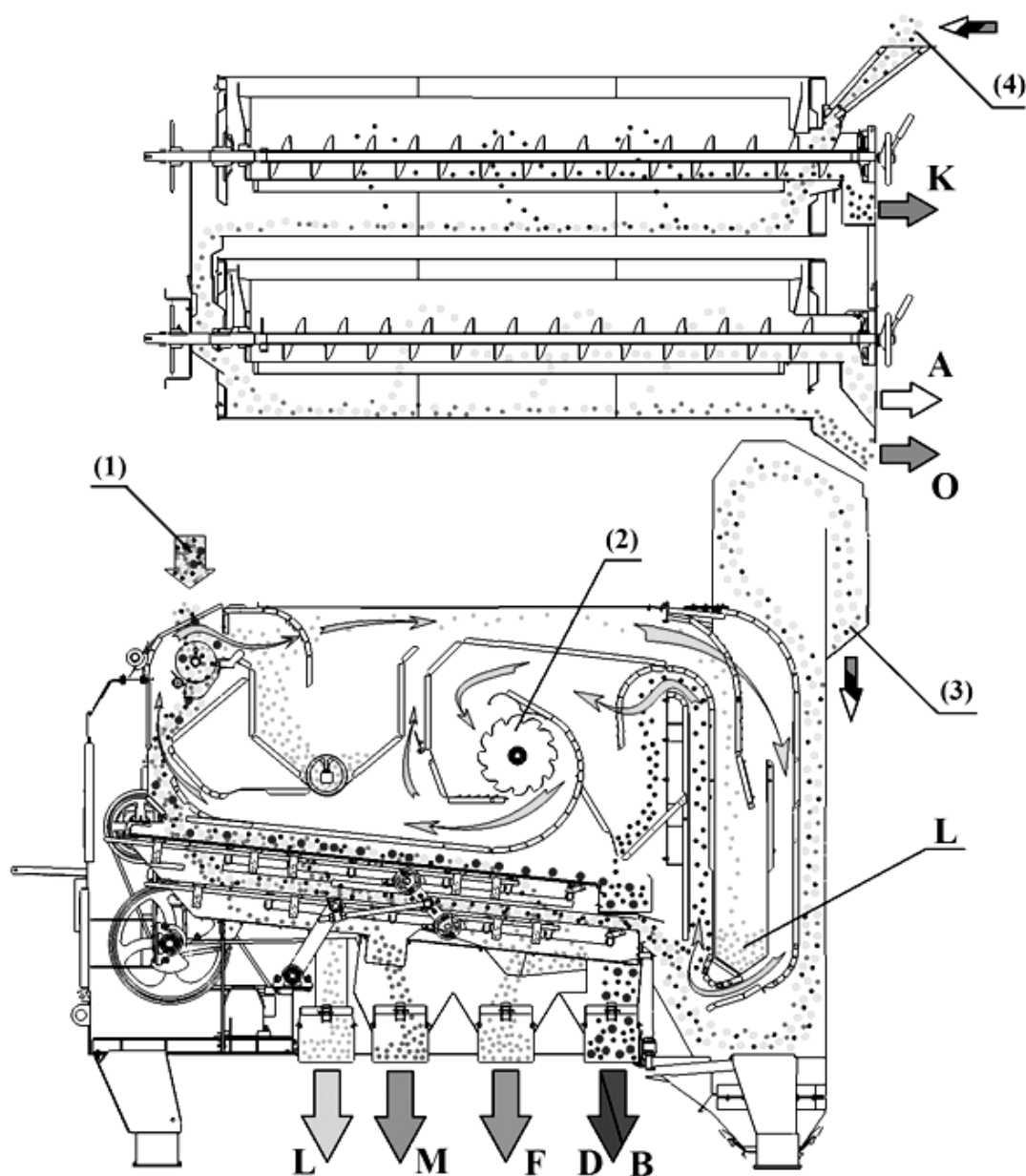
Показатели	ЗАВ-10.30.000	ЗАВ-10.30.000А	ЗВС-20	ЗВС-20М	СПВ-80	МОВ-1,0	ОВС-25М	СВР-30
Номинальная производительность, т/ч, не менее:	10	12	20					30
– при грубой очистке;					200			
– при предварительной очистке;				50	80	70	25	
– при первичной очистке				25	50	20	12	
Габаритные размеры, мм	2670×1480× 2625	2340×1400× 2450	3000×2070× 2700	3280×2110× 2990	3830×3110× 2950	3010×2145× 3220	4700×5240× 3315	3350×2750× 2600
Установленная мощность, кВт,	1,1	1,5	5,5	7,7	2,95	3,12	9,15	11,25
в том числе:								
– привод вентилятора;				5,5				7,5
– машины;				2,2	0,75	0,92		
– привод решетного стана					2,2	2,2		1,5
Число решет, шт.	8	8	8					
Размеры решет, мм	990×790	990×790	990×740					
Масса, кг	1020	950	1975	2340	3850	1920	1890	1900
Основные показатели качества								
Предварительная очистка:								
– после однократной обработки содержание сорной примеси, %, не более;	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3	3	3
– в том числе соломистой, %, не более;	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
– потери зерна основной культуры в легкие и крупные фракции, %, не более;	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
– выход во II сорт (фураж), %, не более;	2**	2**	2**	2**	2**	2**	2**	2**
– дробление зерна, %, не более.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5
Первичная очистка:								
– после однократной обработки содержание сорной и зерновой примесей, %, не более;	3	3	3	3	3	3	3	3
– сорной примеси, %, не более;	1	1	1	1	1	1	1	1
– потери зерна основной культуры в легкие и крупные фракции, %, не более;	2	2	2	2	2	2	2	2
– выход во II сорт (фураж), %, не более;	5**	5**	5**	5**	5**	5**	5**	5**
– дробление зерна, %, не более	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Расход воздуха на аспирацию, м ³ /ч, не более	4500...5000	4500...5000	4500...5000	4500...6500	8500...17000	11000...14000	4500...5000	4500...5000

Таблица Д.7 – Техническая характеристика машин вторичной очистки зерна

Показатели	СВУ-5А	К-547А	«Петкус-Гигант» К-531/1	СМ-4	МС-4,5	МС-4,5С	МОС-0,5	ОВС-25С	СВУ-120	Mega 15 – 5/2
Производительность, т/ч	6	10	2,5	4	4,5	4,5	10	4,5	4,5–12	10
Габаритные размеры, мм	2600× 1800× 2460	3000× 2580× 2660	5050× 2100× 2210	4140× 3780× 2810	3300× 2500× 2800	3300× 2500× 2800	2800× 2150× 2810	3300× 2500× 2800	4400× 2600× 3600	2750× 2150× 3450
Установленная мощность, кВт, в том числе: – привод воздушной части; – привод решетного стана; – привод триеров	7,5	13,05	5,5	6,0	5,2 3,0 2,2	5,2 3,0 2,2	3,7 2,2	5,2 3,0 2,2	3,82 3,0	6,05
Число решет, шт.	6	7	4	4	4	4	8	8	16	8
Размеры решет, мм	790×990	714×1530	690×1060	790×990						
Масса, кг	1100	2300	1300	1820	1400	1400	2000	1400	3000	
Основные показатели качества выполнения технологического процесса: – категория семян по ГОСТ Р 52325, не ниже; – содержание семян основной культуры в отходах, %, не более; – выход во второй сорт (фураж), %, не более; – дробление семян, %, не более	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2	ЭС, РС, РСт 5 10 0,2
Расход воздуха на аспирацию, м ³ /ч, не более: – на пневмосепарирование до сепаратора; – на пневмосепарирование после сепаратора							3000... 14500		8400... 12000	

Таблица Д.8 – Техническая характеристика триерных блоков

Показатель	Триерные блоки			
	БТ-5	БТ-5А	ЗАВ-10.90.000	К-236А
Производительность, т/ч	5	6	7,5	10
Габариты, мм	2380×1400×2550	2040×1450×1950	3130×1400×2490	4250×1120×2540
Установленная мощность, кВт	1,5	1,5	2,2	3,0
Число триерных цилиндров	4	4	4	2
Размеры триерных цилиндров, мм	600×1500	600×1500	600×2250	816×2830
Масса, кг	850	1050	1170	2100



(1) Вход продукта

(2) Вентилятор диаметральный

(3) Выход продукта при очистке во втором режиме

(4) Вход продукта при очистке в первом режиме

А Очищенный продукт

В Щуплое зерно

Д Крупные примеси

Ф II сорт (фураж)

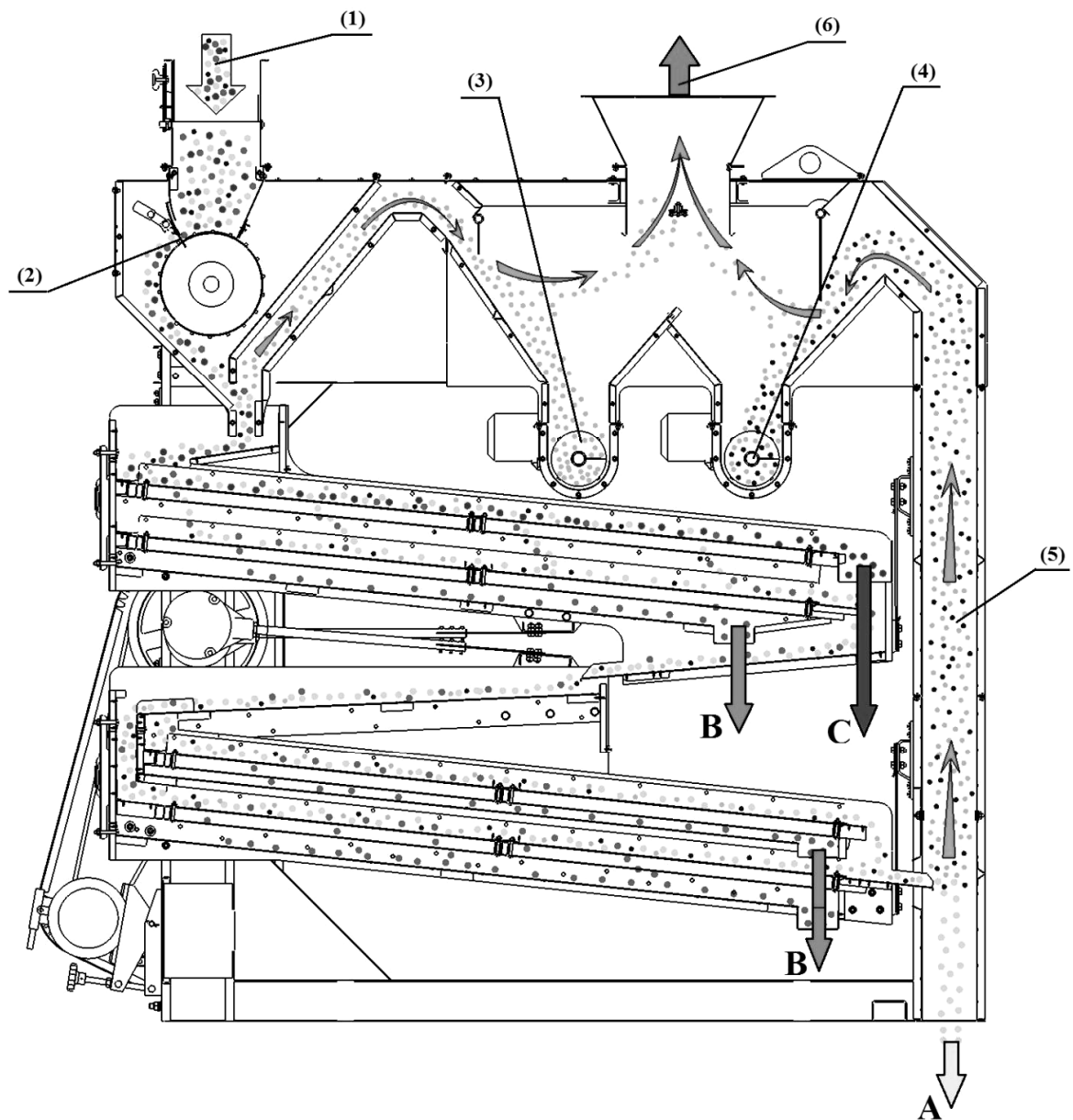
М Мелкие примеси (подсев)

Л Легкие примеси и пыль

К Короткие примеси

О Длинные примеси

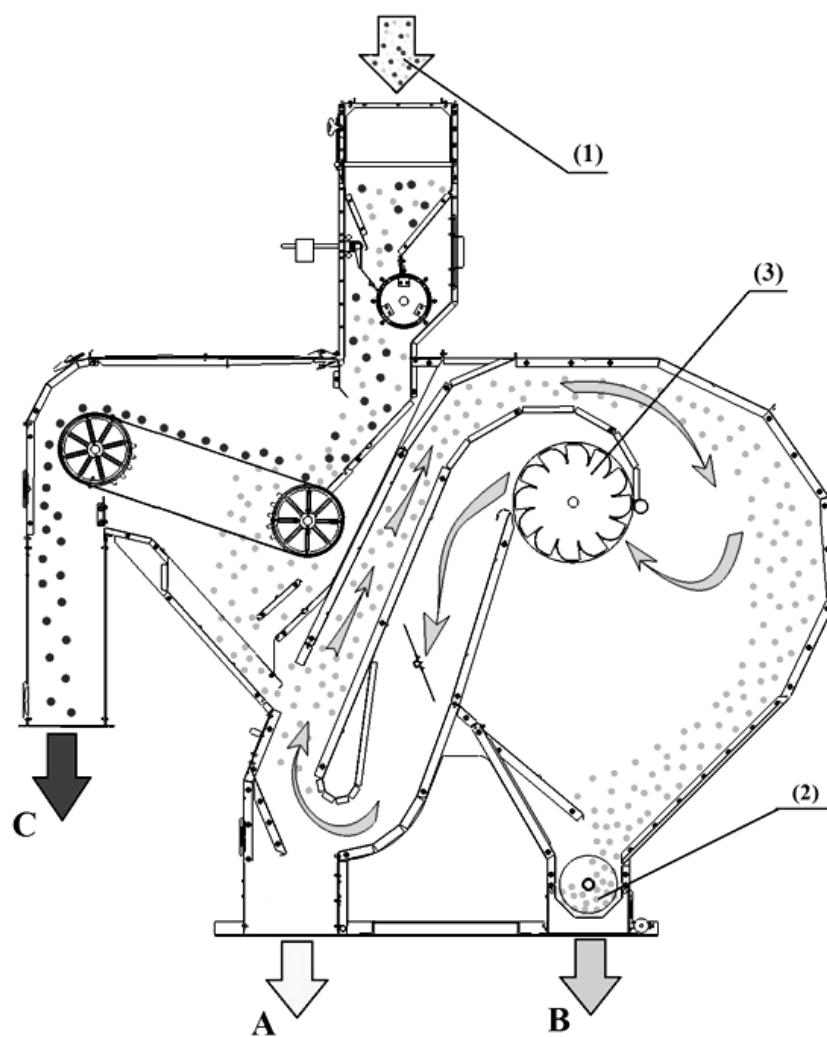
Рисунок Е.1 – Технологическая схема СМ–4,5 С



- (1) Вход продукта
 (2) Равномерное распределение продукта
 (3) Разгрузочный шнек легких примесей
 (4) Разгрузочный шнек легких примесей
 и щуплого зерна
 (5) Воздушная колонка
 (6) Подключение к системе вытяжной
 вентиляции

- А Очищенный продукт
 В Мелкие примеси
 С Крупные примеси

Рисунок Е.2 – Технологическая схема МОС–0,5



(1) Вход продукта

(2) Выгрузной шнек легких примесей

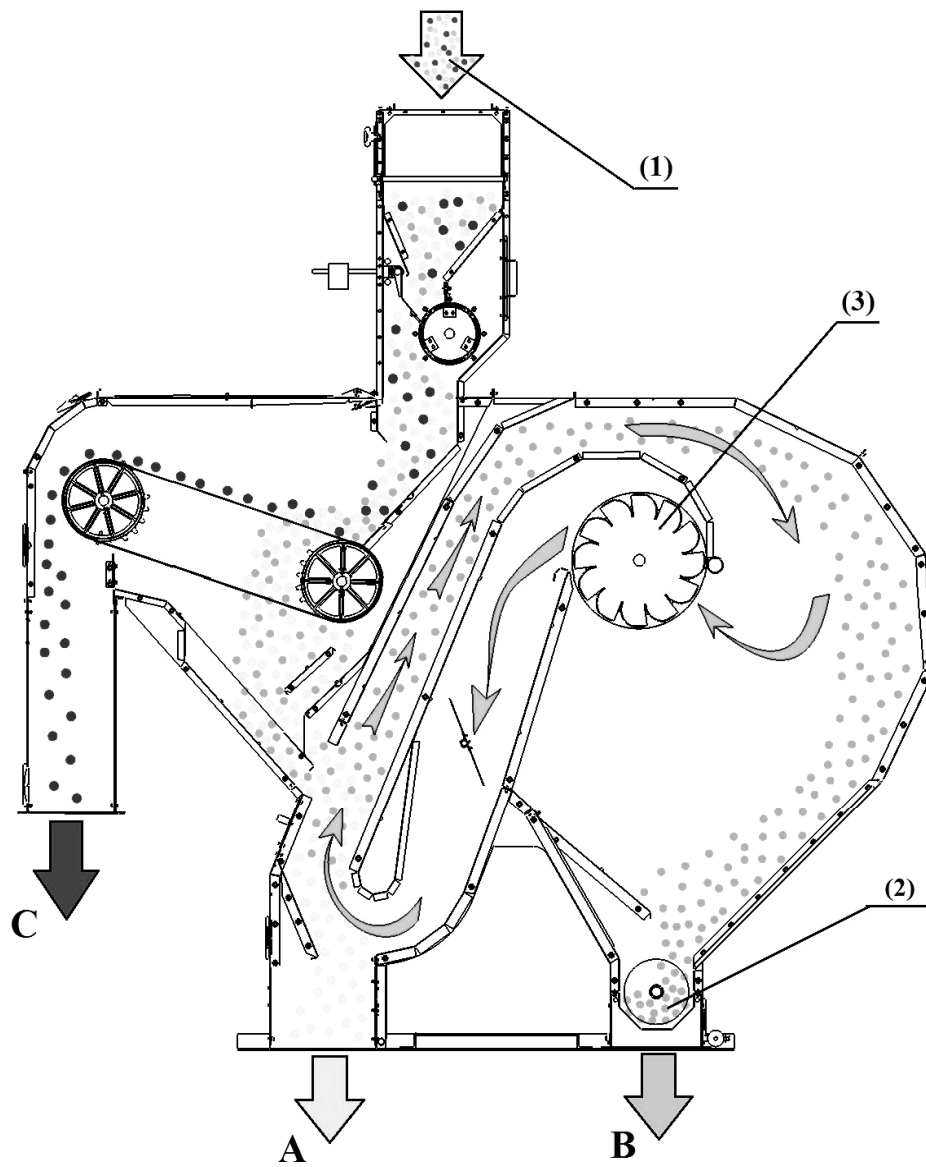
(3) Вентилятор диаметральный

А Очищенный продукт

В Легкие примеси

С Крупные примеси

Рисунок Е.3 – Технологическая схема МПО–50М



(1) Вход продукта

(2) Выгрузной шнек легких примесей

(3) Вентилятор диаметральный

А Очищенный продукт

В Легкие примеси

С Крупные примеси

Рисунок Е.4 – Технологическая схема сепаратора предварительной очистки СПО-125

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Пример оформления заданий по темам курсовой работы

Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»
Агромеханический факультет
(название факультета)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____/_____/_____
Подпись (Ф. И. О. зав. кафедрой)
« » 20 г.

ЗАДАНИЕ

по курсовому проектированию по дисциплине
«Машины и оборудование в растениеводстве»

Студенту _____ гр. _____

1. Тема работы: «Определить основные параметры плуга в зависимости от эксплуатационных условий.».

2. Срок сдачи студентом законченной работы до « » 20 г.

3. Исходные данные к работе:

Наименование данных	Значения	Наименование данных	Значения
Тип плуга	Навесной загонный	γ_{\min} – минимальный угол наклона горизонтальной образующей к стенке борозды, град	39
n – количество корпусов	4	γ_{\max} – максимальный угол наклона горизонтальной образующей к стенке борозды, град	46
Тип лемешно-отвальной поверхности	Культурная	f – коэффициент трения почвы о сталь	0,5
γ_0 – угол наклона лезвия лемеха к стенке борозды, град	41	k_n – удельное сопротивление почвы, Па	$2 \cdot 10^4$
k – коэффициент пропорциональности между шириной захвата корпуса и глубиной пахоты	1,31	ψ – угол, характеризующий направление действия силы R_{xz} , град	8
ε – угол установки лемеха ко дну борозды, град	26	μ – коэффициент сопротивления качению	0,25
a – глубина вспашки, см	27		

4. Содержание пояснительной записки (перечень вопросов, которые подлежат разработке): Введение. 1 Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга. 2 Размещение рабочих органов и колес на раме плуга. 3 Определение усилия, необходимого для перевода плуга из рабочего в транспортное положение. Заключение. Список использованных источников. Приложения.

5. Перечень графического материала (с точным обозначением обязательных чертежей и графиков). 1. Лемешно-отвальная поверхность корпуса плуга – А₁.
2. Схема размещения рабочих органов на раме плуга – А₂. 3. Определение усилия, необходимого для перевода плуга из рабочего в транспортное положение – А₂.

6. Дата выдачи задания «__» _____ 20__ г.

7. Календарный график работы на весь период проектирования (с обозначением сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

раздел 1 к «__» _____ 20__ г. – 35 % _____

раздел 2 к «__» _____ 20__ г. – 40 % _____

раздел 3 к «__» _____ 20__ г. – 20 % _____

Оформление пояснительной записки и графического материала к «__» _____ 20__ г. – 5 % _____

Защита курсовой работы с «__» по «__» _____ 20__ г.

Руководитель _____ / _____ /

Задание принял к исполнению _____ / _____ /
 (Дата, подпись, инициалы и фамилия студента)

Примечание. Это задание прилагается к законченной работе и вместе с ней представляется при сдаче работы.

Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»
Агромеханический факультет
(название факультета)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____/_____/_____
Подпись (Ф. И. О. зав. кафедрой)
« » 20 г.

ЗАДАНИЕ

по курсовому проектированию по дисциплине
«Машины и оборудование в растениеводстве»

Студенту _____ гр. _____

1. Тема работы: «Определить основные параметры и производительность зерноуборочного комбайна в зависимости от эксплуатационных условий».

2. Сроки сдачи студентом законченной работы до «__» _____ 20__ г.

3. Исходные данные на курсовую работу:

Наименование данных	Значение	Наименование данных	Значения
Марка зерноуборочного комбайна	КЗС-10	δ – содержание зерна в хлебной массе	0,55
Убираемая культура	Овес	w – влажность хлебной массы, %	14
Q – урожайность зерна, ц/га	48	σ – коэффициент использования способности комбайна	1,16
$L_{ст.}$ – высота хлебостоя, м	0,65	ε – коэффициент сепарации зерна декой	0,94
Ψ – коэффициент засоренности	0,17	n_c – частота вращения коленчатого вала соломотряса, мин ⁻¹	194
$h_{ср}$ – высота среза хлебной массы, м	0,15	k – показатель кинематического режима работы соломотряса	2,36
B – ширина захвата жатки, м	7,6	g_0 – допустимая удельная нагрузка на единицу длины бича, кг/м·с	0,66
R_m – радиус мотовила, м	0,68	α – угол наклона соломотряса, град	7
$D_б$ – диаметр барабана, м	0,6		

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов подлежащих разработке): Введение. 1 Анализ схемы технологического процесса зерноуборочного комбайна. 2 Определение пропускной способности молотильного аппарата. 3 Определение пропускной способности соломотряса и очистки.

4. Определение регулировочных параметров мотовила. Заключение. Список использованных источников. Приложения.

5. Перечень графических материалов:

1. Траектория перемещения частицы соломы 1 лист – А₃. 2. Траектория перемещения конца планки мотовила 1 лист – А₃. 3. Схема зерноуборочного комбайна КЗС-10 1 лист – А₁.

6. Дата выдачи задания « » _____ 20__ г.

7. Календарный график работы на весь период проектирования (с обозначением сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

раздел 1 к «__» _____ 20__ г. – 25 % _____

раздел 2 к «__» _____ 20__ г. – 25 % _____

раздел 3 к «__» _____ 20__ г. – 25 % _____

раздел 4 к «__» _____ 20__ г. – 20 % _____

Оформление пояснительной записки и графического материала к «__» _____ 20__ г. – 5 %

Защита курсовой работы с « » по « » _____ 20__ г.

Руководитель _____ / _____ /

Задание принял к исполнению _____ / _____ /

(Дата, подпись, инициалы и фамилия студента)

Примечание. Это задание прилагается к законченной работе и вместе с ней представляется при сдаче работы.

Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»
Агромеханический факультет
(название факультета)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____/_____/_____
Подпись (Ф. И. О. зав. кафедрой)
« » 20 г.

ЗАДАНИЕ

по курсовому проектированию по дисциплине
«Машины и оборудование в растениеводстве»

Студенту _____ гр. _____

1. Тема работы: «Определить основные параметры и производительность картофелеуборочной машины в зависимости от эксплуатационных условий».

2. Сроки сдачи студентом законченной работы до «__» _____ 20__ г.

3. Исходные данные на курсовую работу:

Наименование данных	Значения	Наименование данных	Значения
Марка машины	ПКК-2-02	B – ширина междурядий, м	0,7
Параметры грядки и клубненосного гнезда:		R – радиус описанных окружностей битеров и паллеров, м	0,09
b_1 , м	0,56	a – глубина подкапывания, м	0,22
b_2 , м	0,12	$\rho_{\text{п}}$ – плотность почвы, кг/м ³	1100
h , м	0,15	f – коэффициент трения	0,34
$h_{\text{нк}}$, м	0,21	$\alpha_{\text{л}}$ – угол наклона лемеха, град	22
$h_{\text{вк}}$, м	0,03	Z_1, Z_2 – число граней, шт.	3 и 2
$b_{\text{кл}}$, м	0,24	$b_0, a_{\text{л}}$ – ширина и высота лопасти, м	0,015 и 0,06
$h_{\text{мах}}$, м	0,18	α – угол входа лопасти в почву, град	45

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов подлежащих разработке): Введение. 1 Определение параметров пассивного лемеха машины и ее производительности по пропускной способности элеваторов. 2 Определение параметров битеров и паллеров в виде правильных многогранников с выпуклыми криволинейными гранями. 3 Определение параметров ботвоудаляющих рабочих органов. Заключение. Список использованных источников. Приложения.

5. Перечень графических материалов:

1. Схема подкапывания картофельной грядки лемехом – А₃. 2. Ротационный рабочий орган – А₃. 3. Схема картофелеуборочной машины 1 лист – А₁.

6. Дата выдачи задания «__» _____ 2019 г.

7. Календарный график работы на весь период проектирования (с обозначением сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

раздел 1 к «__» _____ 20__ г. – 35 % _____

раздел 2 к «__» _____ 20__ г. – 20 % _____

раздел 3 к «__» _____ 20__ г. – 40 % _____

Оформление пояснительной записки и графического материала к «__» _____ 20__ г. – 5 % _____

Защита курсовой работы с «__» по «__» _____ 20__ г.

Руководитель _____ / _____ /

Задание принял к исполнению _____ / _____ /
(Дата, подпись, инициалы и фамилия студента)

Примечание. Это задание прилагается к законченной работе и вместе с ней представляется при сдаче работы.

Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»
Агромеханический факультет
(название факультета)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____/_____/_____
Подпись (Ф. И. О. зав. кафедрой)
« » 20 г.

ЗАДАНИЕ

по курсовому проектированию по дисциплине
«Машины и оборудование в растениеводстве»

Студенту _____ гр. _____

1. Тема работы: «Определить основные параметры и производительность кормоуборочного комбайна в зависимости от условий эксплуатации.»

2. Сроки сдачи студентом законченной работы до «__» _____ 20__ г.

3. Исходные данные на курсовую работу:

Наименование данных	Значения	Наименование данных	Значения
Марка комбайна	КВК – 800Е	h – толщина слоя скошенной массы в вальцах, м	0,15
Убираемая культура	Злаковые	H – толщина исходного слоя, м	0,4
Q – урожайность травы, т/га	600	ρ_p – плотность исходного слоя, кг/м ³	1,12
p – потери массы при уборке, %	3,5	n_n – обороты привода ножа, мин ⁻¹	605
p – потери за жаткой, %	0,5	S – ход ножа, мм	86
p – потери от погодных условий, %	0,2	$D_б$ – диаметр измельчающего барабана, м	0,8
$h_{ср.}$ – средняя высота среза травостоя, м	4,8	q – пропускная способность измельчающего барабана, кг/с	30
B – ширина захвата жатки, м	5,0	$\tau_{зм}$ – коэффициент использования времени смены	0,6
h – высота горловины, м	0,6	ρ_m – плотность растительной массы спрессованной вальцами, кг/м ³	300
b – ширина горловины, м	0,5	ϵ_g – коэффициент использования «живого» сечения горловины	0,8

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов подлежащих разработке): Введение. 1 Анализ схемы технологического процесса кормоуборочного комбайна. 2 Определение пропускной способности рабочих органов и производительности кормоуборочного комбайна. 3 Анализ работы сегментно-

пальцевого режущего аппарата с различными механизмами привода. Заключение.
Список использованных источников. Приложения.

5. Перечень графических материалов:

1. Определение скорости резания для режущего аппарата 1 лист – А₄.
2. Траектория перемещения сегмента ножа режущего аппарата 1 лист – А₄.
3. Схема кормоуборочного комбайна 1 лист – А₁.

6. Дата выдачи задания «__» _____ 20__ г.

7. Календарный график работы на весь период проектирования (с обозначением сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

раздел 1 к «__» _____ 20__ г. – 35 % _____

раздел 2 к «__» _____ 20__ г. – 20 % _____

раздел 3 к «__» _____ 20__ г. – 40 % _____

Оформление пояснительной записки и графического материала к «__» _____
 20__ г. – 5% _____

Защита курсовой работы с «__» по «__» _____ 20__ г.

Руководитель _____ / _____ /

Задание принял к исполнению _____ / _____ /

(Дата, подпись, инициалы и фамилия студента)

Примечание. Это задание прилагается к законченной работе и вместе с ней представляется при сдаче работы.

Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»
Агромеханический факультет
(название факультета)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____/_____/_____
Подпись (Ф. И. О. зав. кафедрой)
« » 20 г.

ЗАДАНИЕ

по курсовому проектированию по дисциплине
«Машины и оборудование в растениеводстве»

Студенту _____ гр. _____

1. Тема работы: «Определить основные параметры и производительность зерноочистительной машины в зависимости от условий эксплуатации.»

2. Сроки сдачи студентом законченной работы до «__» _____ 20__ г.

3. Исходные данные на курсовую работу:

Наименование данных	Значения	Наименование данных	Значения
Очищаемая культура	Просо	Режим работы	Зерно на семена
Марки машин (состав линии)	МС-4,5	Частота колебаний решета, с ⁻¹	38
Валовой сбор, т	500	Амплитуда колебаний решета, мм	8
Абсолютная влажность культуры, %	17	Коэффициент аэродинамического сопротивления вентилятора	0,13
Содержание основной культуры, %	79	Частота вращения вентилятора, мин ⁻¹	640
Содержание примесей в ворохе, %:		Размеры решет, мм:	
щирица	5	ширина	1340
редька дикая	4	длина	1610
овсюг	7	Диаметр триера, мм	500
прочие примеси	5	Нагрузка на триер, кг/с·м ²	0,1

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов подлежащих разработке): Введение. 1 Определение размерно-массовых характеристик семян основных культур и примесей. 2 Обоснование схемы технологического процесса очистки зерна и основных рабочих органов машины. 3 Подбор решет и оценка качества очистки. 4 Расчет размеров решет и обоснование кинематического режима их работы. Заключение. Список использованных источников. Приложения.

5. Перечень графических материалов:

1. Схема технологического процесса очистки зерна A_2 . 2. Кривые плотности распределения (размеров, скорости, плотности) зерна и сорняков A_2 . 3. Схема процесса очистки зерна A_1 .

6. Дата выдачи задания «__» _____ 20__ г.

7. Календарный график работы на весь период проектирования (с обозначением сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

раздел 1 к «__» _____ 20__ г. – 35 % _____

раздел 2 к «__» _____ 20__ г. – 20 % _____

раздел 3 к «__» _____ 20__ г. – 40 % _____

Оформление пояснительной записки и графического материала к «__» _____ 20__ г. – 5 % _____

Защита курсовой работы с «__» по «__» _____ 20__ г.

Руководитель _____ / _____ /

Задание принял к исполнению _____ / _____ /

(Дата, подпись, инициалы и фамилия студента)

Примечание. Это задание прилагается к законченной работе и вместе с ней представляется при сдаче работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

**Пример оформления задания и содержание курсовой работы по теме
«Определить основные параметры плуга в зависимости
от эксплуатационных условий»**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Агромеханический факультет
Название факультета

Кафедра сельскохозяйственных машин
(название кафедры)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовой работе
по дисциплине «Машины и оборудование в растениеводстве»

на тему
«Определить основные параметры плуга в зависимости
от эксплуатационных условий»

Шифр 03.56.000.00.000 ПЗ

Студент 4 курса 45 м группы

/ И. И. Иванов/
(подпись, инициалы, фамилия)

Руководитель

/ С. Р. Белый/
(подпись, инициалы, фамилия)

Минск, 2020

Реферат

Курсовая работа состоит из 28 страниц печатного текста, расположенных на листах формата А4 пояснительной записки, 1 листа формата А1 и 2 листов формата А2 графической части. Пояснительная записка содержит 1 таблицу, 7 библиографических источников.

Ключевые слова: плуг, лемех, отвал, полевая доска, лемешно-отвальная поверхность, рабочие органы, вспашка.

Выполнение курсовой работы базируется на знаниях, полученных при изучении конструкции плуга, теории проектирования лемешно-отвальных поверхностей, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин.

При выполнении курсовой работы:

- разработана лемешно-отвальная поверхность корпуса плуга;
- определено размещение рабочих органов и колес на раме плуга;
- определено усилие, необходимое для перевода плуга из рабочего в транспортное положение.

Обобщение результатов показывает, что параметры спроектированного плуга соответствуют лучшим из серийно выпускаемых и эксплуатирующихся в Республике Беларусь.

Содержание

Введение	4
1 Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга	5
2 Размещение рабочих органов и колес на раме плуга	17
3 Определение усилия, необходимого для перевода плуга из рабочего в транспортное положение	21
Заключение	27
Список использованных источников	28
Приложения	29

					<i>03.56.000.00.000</i>				
								3	28
						, . 45			

Введение

Сельскохозяйственное производство играет важнейшую роль в экономике Республики Беларусь. Стоит задача значительного увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции при одновременном снижении ее себестоимости. Для решения этой задачи агроинженер должен обеспечить эффективное и качественное использование сельскохозяйственной техники. Особенно это касается важнейшей технологической операции – вспашки, которая является основой урожая выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Качество обработки почвы существенно влияет на урожайность. Так как на территории государства большое количество почв являются каменистыми и засорены камнями, то для вспашки необходимо пользоваться плугами, оснащенными предохранительными механизмами, которые будут защищать плуг от препятствий и в то же время будут поддерживать заданную глубину вспашки.

В данной курсовой работе решены следующие задачи:

- разработана лемешно-отвальная поверхность корпуса плуга;
- определено размещение рабочих органов и колес на раме плуга;
- определено усилие, необходимое для перевода плуга из рабочего в транспортное положение.

Работа выполнена по индивидуальному заданию с использованием в качестве основных источников [1, 2].

					<i>03.56.000.00.000</i>	4
--	--	--	--	--	-------------------------	---

1 Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга

Проектирование начинаем с построения профиля борозды и поперечно-вертикальной проекции (лобового контура) отвала.

Определяем ширину захвата корпуса плуга, обеспечивающую устойчивое положение отвального пласта почвы:

$$b = ka, \quad (1.1)$$

где k – коэффициент пропорциональности между шириной захвата корпуса и глубиной пахоты;

a – глубина вспашки, см.

$$b = 1,31 \cdot 27 = 35,4 \text{ см.}$$

Для *построения профиля борозды* принимаем за основание линию дна борозды и отмечаем на ней точку B (см. 03.56.000.00.000 Д1), соответствующую проекции носка лемеха в поперечно-вертикальной плоскости. Из этой точки радиусом $r_1 = a$ делаем засечки на вертикали и горизонтали и откладываем отрезки $BC = BD_0 = a$. Через точку C проводим параллельно дну борозды линию CC' , характеризующую поверхность поля. Из точки D_0 радиусом $r_2 = b$ отмечаем на линии CC' точку C' и через точки C' и D_0 проводим линию $B'D_0$, которая характеризует положение верхней грани отвального пласта и угол наклона его ко дну борозды.

Определяем угол наклона пласта ко дну борозды:

$$\delta = \arcsin \frac{a}{ka}; \quad (1.2)$$

$$\delta = \arcsin \frac{1}{1,31} = 49,76^\circ = 49^\circ 42'.$$

Для *построения контура отвального пласта* из точки D_0 дугой $r_2 = b$ на линии дна борозды отмечаем точку D' . Из нее проводим перпендикуляр $D'A'$ к линии $B'D_0$ и далее из точки D' проводим линию $D'C''$ параллельно $C'D_0$, а из точки C'' линии $C''B' = a$ – перпендикуляр $C''B'$ на продолжении линии $C'D_0$. Полученный контур $CBAD$ представляет собой поперечный профиль борозды, а контур $D'A'B'C''$ – поперечное сечение отвального пласта.

Строим проекцию отвала на поперечно-вертикальную плоскость (лобовой контур).

Нижний обрез, совпадающий с линией дна борозды, представляет собой проекцию лезвия лемеха на поперечно-вертикальную плоскость. Для его построения откладываем от точки B на линии дна борозды отрезок, равный $b + \Delta b$, где b – ширина захвата корпуса, а Δb – перекрытие корпуса, которое принимается равным 25 мм (точки A и A_1). Для построения полевого обреза на поперечно-вертикальной проекции определяем положение верхней точки p и соединяем ее прямой линией с точкой B носка лемеха.

Определяем положение верхней точки полевого обреза (высоту H)

$$H = b + \Delta H. \quad (1.3)$$

Так как глубина пахоты $a = 27$ см > 20 см, принимаем численное значение $\Delta H = 0$.

$$H = 354 + 0 = 354 \text{ мм.}$$

Отклонение точки p полевого обреза от вертикали в сторону вспаханного поля принимаем равным 10 мм.

Бороздной обрез (правый по ходу плуга) – линия dK – располагается параллельно верхней грани отвального пласта.

Построение выполняем в следующей последовательности. На профиле борозды пунктиром отмечаем положение отвального пласта увеличенной глубины ($a_1 = a + 25$ мм). Построение контура поперечного сечения

отваленного пласта увеличенной глубины производится согласно методике, по которой строился контур отваленного пласта заданной глубины. На середине верхней грани увеличенного пласта отмечаем точку d и через нее проводим контурную линию правого обреза dK параллельно верхней грани $A'B'$ пласта с размерами ab .

Определяем положение точки K (высоту m расположения линии стыка лемеха с отвалом):

$$m = t \sin \varepsilon, \quad (1.4)$$

где t – ширина лемешной стали;

ε – угол установки лемеха ко дну борозды.

Так как в нашем случае ширина захвата корпуса плуга $b > 30$ см, принимаем $t = 142$ мм.

$$m = 142 \cdot \sin 26^\circ = 62 \text{ мм.}$$

Определяем высоту расположения высшей точки верхнего обреза (H_{\max}) из выражения

$$H_{\max} = \sqrt{a^2 + b^2} \pm \Delta H_1, \quad (1.5)$$

где $\Delta H_1 = 0 \dots 20$ мм (принимаем $\Delta H_1 = -10$ мм [1, с. 30]).

$$H_{\max} = \sqrt{270^2 + 354^2} - 10 = 435 \text{ мм.}$$

Через точку A лезвия лемеха проводим вертикальную линию, на которой откладываем отрезок, равный H_{\max} , и отмечаем положение высшей точки верхнего обреза отвала q .

Высшую точку верхнего обреза q пунктиром соединяем с верхней точкой полевого обреза p и из середины отрезка qp , т. е. из точки q' , опускаем перпендикуляр $q'O$. Точку O пересечения перпендикуляра с вертикалью,

проходящего через точку A лезвия лемеха, принимаем за центр кривизны контурной линии отвала на участке qp , поэтому для получения контура верхнего обреза на этом участке проводим дугу qr радиусом $R = q'O$.

Для построения участка qd верхнего обреза крыла отвала точки q и d соединяем прямой qd , из середины которой проводим перпендикуляр до пересечения с прямой qO . На пересечении проведенного перпендикуляра и прямой qO отмечаем точку O_1 . Радиусом O_1q очерчиваем верхний обрез крыла отвала до точки d .

Исходя из типа лемешно-отвальной поверхности (культурная), выбираем закономерность изменения угла γ и вычисляем его промежуточные значения; строим график $\gamma = f(Z)$.

При построении сначала наносим образующую с минимальным наклоном к стенке борозды, т. е. расположенную под углом γ_{\min} . Эта образующая располагается в нашем случае на высоте стыка лемеха с отвалом.

Часть отвала, расположенную ниже образующей, проводимой под углом γ_{\min} , разбиваем по высоте на интервалы по 2 см и через них наносим проекции образующих. Кверху от образующей, проведенной под углом γ_{\min} , проекции образующих наносим через интервалы 4 см, охватывая всю поверхность отвала. Все проекции образующих нумеруем, начиная от нулевой, проходящей по линии лезвия лемеха. Каждой образующей соответствует координата Z_i .

Для каждого значения Z_i вычисляем значение абсциссы X_i по формуле

$$X_i = Z_i - Z_1, \quad (1.6)$$

где Z_i – высота расположения образующей с порядковым номером i относительно дна борозды;

Z_1 – высота расположения образующей с минимальным углом наклона к стенке борозды (в нашем случае $Z_1 = Z_K = 6,2$ см).

$$X_0 = 0 - 6,2 = -6,2 \text{ см.}$$

Определяем значения масштабов по заданным граничным параметрам:

– левой ветви:

$$\lambda_1 = \frac{\gamma_0 \gamma_{\min}}{Y_0}; \quad (1.7)$$

$$\lambda_1 = \frac{41 - 39}{1,72} = 1,16^\circ \text{ на } 1 \text{ см};$$

– правой ветви:

$$\lambda_2 = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}{Y_{\max}}. \quad (1.8)$$

$$\lambda_2 = \frac{46 - 39}{5,78} = 0,87^\circ \text{ на } 1 \text{ см}.$$

Приращение углов γ для левой ветви:

$$\Delta\gamma_i^\circ = \lambda_1 Y_i; \quad (1.9)$$

$$\Delta\gamma_0^\circ = 1,16 \cdot 1,72 = 2,00^\circ.$$

Приращение углов γ для правой ветви:

$$\Delta\gamma_i^\circ = \lambda_2 Y_i; \quad (1.10)$$

$$\Delta\gamma_0^\circ = 0,87 \cdot 0,24 = 0,21^\circ.$$

Переводим полученные значения в градусы и минуты, после чего вычисляем значения углов γ для каждой образующей:

$$\gamma_i^\circ = \gamma_{\min}^\circ + \Delta\gamma_i^\circ; \quad (1.11)$$

$$\gamma_1^\circ = 39^\circ + 1^\circ = 40^\circ.$$

Вычисляем значения 100tg углов γ , которые используются для построения

графика тангенсов γ и по его численным значениям – проекции образующих отвальной поверхности в плане.

$$100 \operatorname{tg} \gamma_0 = 100 \operatorname{tg} 41^\circ = 86,9.$$

Полученные значения заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов значений углов γ для лемешно-отвальной поверхности культурного типа

Участок графика	Левая ветвь					Правая ветвь						
	$Z_i, \text{ см}$	0	2,2	4,2	6,2	6,2	10,2	14,2	18,2	22,2	26,2	30,2
$X_i = Z_i - Z_l$	-6,2	-4,0	-2,0	0	0	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	
$Y_i = \frac{6,2X_i^2}{X_i^2 + 100}$	1,72	0,86	0,24	0,00	0,00	0,24	2,42	3,66	4,46	4,96	5,28	
$\Delta\gamma_i = \lambda Y_i$	2,00°	1,00°	0,29°	0,00°	0,00°	0,21°	2,11°	3,18°	3,88°	4,32°	4,59°	
$\Delta\gamma_i^\circ$	2°0'	1°0'	0°17'	0°0'	0°0'	0°13'	2°7'	3°11'	3°53'	4°19'	4°35'	
$\gamma_i^\circ = \gamma^\circ_{\min} + \Delta\gamma_i^\circ$	41°0'	40°0'	39°17'	39°0'	39°0'	39°13'	41°7'	42°11'	42°53'	43°19'	43°35'	
$100 \operatorname{tg} \gamma_i$	86,9	83,9	81,8	81,0	81,0	81,6	87,3	90,6	92,9	94,3	95,2	

Продолжение таблицы 1

Правая ветвь					
31,0	34,2	35,4	38,2	42,2	43,5
24,8	28,0	29,2	32,0	36,0	37,3
5,33	5,50	5,55	5,65	5,76	5,78
4,64°	4,79°	4,83°	4,92°	5,01°	5,03°
4°38'	4°47'	4°50'	4°55'	5°0'36''	5°2'
43°38'	43°47'	43°50'	43°55'	44°0'36''	44°2'
95,4	95,9	96,0	96,3	96,6	96,7

На продолжении горизонтальных образующих лобового контура отмечаем соответствующие приращения углов $\Delta\gamma_i$ в линейном масштабе μ ($\mu = 1$ град/см), соединив отметки, получаем график $\gamma = f(Z)$.

Строим направляющую кривую, в качестве которой принимаем параболу, построенную на дуге окружности радиуса R . При этом радиус должен быть таким, чтобы пласт мог полностью помещаться на отвале и не происходило пересыпание почвы через верхний обрез, кроме того, чтобы отваленный пласт не задирался нижним обрезом.

Радиус дуги окружности должен находиться в следующих пределах:

$$R_{\min} < R < R_{\max}, \quad (1.12)$$

где R_{\min} – минимальный радиус дуги окружности;

R_{\max} – максимальный радиус дуги окружности.

Минимальный радиус дуги окружности определяем по формуле

$$R_{\min} = \frac{b}{\frac{\pi}{2} - \varepsilon \cos \gamma_0}, \quad (1.13)$$

где b – ширина захвата корпуса, м;

ε – угол между лемехом и дном борозды в плоскости NN , рад;

γ_0 – угол между лезвием лемеха и стенкой борозды, рад.

Согласно заданию $\varepsilon = 26^\circ = 0,4536$ рад, $\gamma_0 = 41^\circ = 0,7547$ рад,

$$R_{\min} = \frac{0,354}{\frac{\pi}{2} - 0,4536 \cos 0,7547} = 0,486 \text{ м.}$$

Максимальный радиус дуги окружности определяется по формуле

$$R_{\max} = \frac{b\sqrt{k^2 - 1}}{k^2(\cos \varepsilon - \cos \Theta)}, \quad (1.14)$$

где Θ – угол, определяемый из равенства

$$Q = \arctg \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{\cos \gamma_0} \quad (1.15)$$

$$Q = \arctg \frac{\sqrt{1,31^2 - 1}}{\cos 41^\circ} = 48,27^\circ;$$

$$R_{\max} = \frac{0,354 \sqrt{1,31^2 - 1}}{1,31^2 (\cos 26^\circ - \cos 48,27^\circ)} = 0,749 \text{ м.}$$

Принимаем $R = 0,6$ м.

Условие $R_{\min} = 0,486 \text{ м} < R = 0,6 \text{ м} < R_{\max} = 0,749 \text{ м}$ выполняется.

Для построения направляющей кривой на линии xx представляющей горизонтальную проекцию стенки борозды, отмечаем точку B_1 , в которой располагается носок лемеха. Из точки B_1 под углом γ_0 к стенке борозды проводим линию B_1A_1 , которая представляет собой горизонтальную проекцию нулевой образующей поверхности отвала. Перпендикулярно к линии лезвия B_1A_1 на расстоянии $2/3$ длины лезвия для культурного отвала (для полувинтовых через правый конец лезвия – точка A_1) от точки B_1 проводится линия NN являющаяся следом вертикальной секущей плоскости, в которой лежит направляющая кривая.

Для обозначения линии дна борозды через точку M проводим перпендикуляр $N'N'$ к линии Mz .

Положение лемеха в плоскости NN относительно дна борозды определяется углом ε . Для этого из точки M проводим линию Mt под углом ε . Для определения положения центра O окружности, на основе которой строится направляющая парабола, из точки M восстанавливаем перпендикуляр к линии Mt и от M откладываем отрезок MO , равный радиусу R , принятому между R_{\min} и R_{\max} . Затем из центра O проводим дугу MC окружности радиусом R .

Длина дуги ограничена углом $\varepsilon = 90^\circ$. При этом радиус R располагается параллельно линии дна борозды. Для лучшего оборачивания пласта дугу MC увеличиваем на угол $\Delta\varepsilon = 5^\circ$, т. е. продолжаем ее до точки F .

Строим направляющую параболу на дуге MF окружности, для чего:

- от точки M откладываем отрезок S , равный ширине плоской части лемеха (в нашем случае $S = 60$ мм);
- из точки F проводим касательную к дуге MF до пересечения в точке n' с другой касательной Mm ;
- отрезки касательных $n'F$ и $(n'M - S)$ делим на 6 равных частей и, после нумерации части отрезков с одинаковыми номерами, соединяем между собой вспомогательными линиями 1–1, 2–2 и т. д. Искомая парабола вычерчивается, как огибающая всех вспомогательных прямых.

Из построения определяем вылет L и высоту h направляющей кривой и сравниваем с расчетным значением, определенным по выражению

$$L = R(1 - \sin\varepsilon); \quad h = R\cos\varepsilon; \quad (1.16)$$

$$L = 0,6(1 - \sin 26^\circ) = 0,336 \text{ м}; \quad h = 0,6 \cos 26^\circ = 0,539 \text{ м}.$$

Вылет L и высота h направляющей кривой, полученные из построений и расчетным путем, совпадают.

Для **построения горизонтальной проекции отвала** предварительно определяем положение каждой образующей в плане. С этой целью на линии Mz отмечаем точки $1', 2'$ и т. д. с теми же интервалами по высоте, как и на лобовом контуре отвала. Затем через точки проводим линии $1'-1', 2'-2', \dots$, каждая из которых указывает положение соответствующей образующей на направляющей кривой.

Положение проекций образующих в плане определяют переносом точек $1', 2', \dots, n'$ с направляющей кривой на горизонтальный след ее NN , где

отмечают точки n_0, n_1, \dots, n_n . Через них проходят образующие 0–0, 1–1, ..., расположенные под углами γ_0, γ_1 и т. д. к стенке борозды. Проекции образующих в плане следует строить с помощью диаграммы тангенсов. Для этого из точек n_0, n_1, n_2, \dots проводят вспомогательные прямые n_1m_1, n_2m_2 и т. д. параллельно стенке борозды и от точек n_1, n_2 , и т. д. на этих линиях откладывают отрезки $n_1m_1, n_2m_2, \dots, n_nm_n$ длиной 100 мм. Затем через точки m_1, m_2 и т. д. перпендикулярно к стенке борозды проводим линии $m_1l_1, m_2l_2, \dots, m_nl_n$ и на них откладываем отрезки, равные соответственно: $n_1l_1 = 100 \operatorname{tg} \gamma_1, n_2l_2 = 100 \operatorname{tg} \gamma_2, \dots, n_nl_n = 100 \operatorname{tg} \gamma_n$. Полученные точки $l_1, l_2 \dots l_n$ соединяем прямыми линиями $l_1n_1, l_2n_2, \dots, l_nn_n$ и эти прямые продолжаем до пересечения со стенкой борозды (линией xx). Так как они расположены под определенными углами γ к стенке борозды, эти прямые представляют проекции образующих на горизонтальной плоскости. Целесообразно линии образующих на проекциях нумеровать.

Построение горизонтального контура отвала выполняем переносом с лобовой проекции в план точек пересечения соответствующих образующих с контурными линиями. Нижний обрез $A'B$ лобового контура в плане представлен горизонтальной проекцией A_1B_1 лезвия лемеха.

Полевой обрез в плане представляется линией B_1P_1 , расположенной вдоль стенки борозды с некоторым наклоном к ней, определяемым положением верхней точки P полевого обреза на лобовой проекции. Точка P_1 в плане должна лежать на той же или между теми же образующими, что и на лобовом контуре, и на том же расстоянии от стенки борозды.

Правый обрез лемеха A_1K_1 строится по дополнительной образующей. Высота расположения стыка лемеха с отвалом (точка K) определяется выбранной шириной лемешной стали и углом установки лемеха ко дну борозды и рассчитывается по выражению (2.4). Откладывая на направляющей кривой выбранную ширину лемешной стали по дуге MK' и отметив на ней

точку K , получим высоту расположения ее над дном борозды. На высоте z_k на лобовой проекции отвала проводим дополнительную образующую KK , пересечение которой с линией правого обреза в точке K определяет положение стыка лемеха с отвалом.

Точку K с направляющей кривой сносим на след NN в плане, где отмечаем точку n_k , через которую проводим дополнительную образующую K_1K_1 , наклонную к стенке борозды под углом γ_0 , численное значение которого берется из графика $\gamma = f(Z)$. Точку K правого обреза лобовой проекции сносим на образующую K_1K_1 горизонтальной проекции отвала. Полученная в плане точка K_1 является правым концом стыка. Правый конец лезвия лемеха в плане соединяем с точкой K_1 прямой A_1K_1 и получаем правый обрез лемеха. Правый обрез лемеха на лобовом контуре строим переносом точек пересечения контурной линии A_1K_1 с образующими в плане. Бороздной (правый) и верхний обрез отвала в плане получаем путем переноса точек 4, 5, 5, 7, ..., n с лобовой проекции на соответствующие образующие в плане.

Строим продольно-вертикальную проекцию отвала. За основание этой проекции принимаем ось xx (линию стенки борозды в плане). При этом проекция носка лемеха в плане совмещается с проекцией его в горизонтальной плоскости. Затем параллельно оси xx наносим проекции образующих, которые на этой плоскости проекции представлены горизонтальными прямыми $1''-1''$, $2''-2''$ и т. д., расположенными на тех же высотах, что и проекции $1-1$, $2-2$ на лобовом контуре. Полевой, бороздной, верхний и нижний обрезы контура отвала получаем переносом контурных точек из плана на соответствующие образующие в продольно-вертикальной плоскости. После переноса всех точек обводим продольно-вертикальный контур отвала.

Построение сечений отвала продольно и поперечно-вертикальными плоскостями и построение кривых шаблонов. Сечения отвала продольно-

и поперечно-вертикальными плоскостями дают возможность судить о технологических свойствах отвала, а сечения вертикальными плоскостями, перпендикулярными лезвию лемеха, – получить кривые шаблонов. В плане параллельно оси xx проводим прямые a_1a_1 , a_2a_2 , a_3a_3 на расстоянии 130 мм друг от друга. Они представляют следы продольно-вертикальных плоскостей. Сечения $a'_1a'_1$, $a'_2a'_2$ и т. д. на продольно-вертикальной плоскости проекций строим по точкам пересечения следов продольно-вертикальных плоскостей a_1a_1 , a_2a_2 и т. д. с образующими в плане. Полученные точки проектируем на продольно-вертикальную плоскость. Соединив полученные точки плавной кривой, получим сечение отвала продольно-вертикальной плоскостью, отмеченной в плане линией a_1a_1 . Так же строим и другие сечения.

Перпендикулярно оси xx в плане проводим прямые b_1b_1 , b_2b_2 и т. д., представляющие следы поперечно-вертикальных плоскостей, сечение которых расположены на лобовой проекции отвала. Эти сечения строятся переносом с плана на лобовой контур точек пересечения прямых b_1b_1 , b_2b_2 и т. д. с образующими в плане. Метод построения аналогичен построению сечений в продольно-вертикальной плоскости.

Перпендикулярно линии лезвия лемеха в плане проводим ряд прямых U_1U_1 , U_2U_2 и т. д. на расстоянии 240 мм друг от друга, представляющих следы секущих плоскостей, в которых расположены кривые шаблонов. Чтобы видеть эти кривые в неискаженном виде, секущие плоскости необходимо совместить с плоскостью чертежа аналогично тому, как это выполняли с плоскостью направляющей кривой.

Выбрав на листе свободное место, проводим горизонтальную прямую OO , отмечающую дно борозды. Затем к ней восстанавливаем перпендикуляры U_1Z_1 , U_2Z_2 и т. д., располагая их на одинаковом расстоянии, друг от друга. Затем параллельно линии дна борозды OO проводим горизонтальные прямые,

представляющие собой следы плоскостей, в которых расположены образующие 1, 2, 3, ..., n . Интервалы между этими прямыми по высоте принимаем такие же, как и для образующих на лобовом контуре отвала. Кривые строим по точкам, в которых секущие плоскости пересекаются с образующими в плане.

Построение развертки (заготовки) отвальной поверхности. Развертка рабочей поверхности необходима для вырезки по ней заготовки, из которой штампуется отвал. Поверхность цилиндриоида не разворачивается на плоскость без искажений, поэтому вычерчиваемая развертка будет приближенной. Развертку строят по выпрямленным кривым шаблонов. Для этого на проекции лезвия лемеха, взятой из плана, отмечают точки, отстоящие на таких же расстояниях от носка лемеха, как и соответствующие ортогональные секущие плоскости, по которым построены кривые шаблонов.

В этих точках восстанавливаем перпендикуляры к лезвию лемеха, которые будут расположены в плоскостях сечений.

На этих прямых откладываем отрезки, длина которых равна расстоянию между точками, в которых кривые шаблонов пересекаются с образующими. Затем точки, лежащие на одних и тех же образующих, соединяем прямыми. На построенных прямых точками отмечаем расстояния, взятые на образующих из горизонтальной проекции отвала между его контуром и секущими плоскостями. Полученные точки контура соединяем плавной линией, которая будет контуром развертки (заготовки).

2 Размещение рабочих органов и колес на раме плуга

Рабочие органы лемешных плугов размещают на рамах, выполненных в виде квадратных или прямоугольных пустотелых труб.

Определяем высоту расположения рамы плуга над опорной плоскостью

корпусов из условия свободного подъема, оборота и прохода пласта под рамой:

$$H = b + \frac{2}{3}a; \quad (2.1)$$

$$H = 0,354 + \frac{2}{3} \times 0,27 = 0,534 \text{ м.}$$

Корпуса плуга размещаем на раме последовательно один за другим со смещением на ширину захвата b в сторону невспаханного поля с перекрытием Δb , равным 55 мм.

Определяем расстояние l между корпусами (по ходу плуга), от которого зависит металлоемкость и приспособляемость плуга к рельефу поля:

$$l = b \operatorname{tg}(\gamma_0 + \varphi), \quad (2.2)$$

где φ – угол трения почвы о сталь ($\varphi = \operatorname{arctg} f$; f – коэффициент трения).

$$l = 0,345 \operatorname{tg}(41^\circ + 26,5^\circ) = 0,833 \text{ м.}$$

Для корпуса с шириной захвата $b = 35,4$ см принимаем ширину полевой доски $b_{\text{ПД}} = 160$ мм.

Определяем длину полевой доски:

$$l_{\text{ПД}} = \frac{b \cos \varphi}{2 \sin \gamma_0 \cos(\gamma_0 + \varphi)}; \quad (2.3)$$

$$l_{\text{ПД}} = \frac{0,354 \times \cos 26,5^\circ}{2 \sin 41^\circ \cos(41^\circ + 26,5^\circ)} = 0,631 \text{ м.}$$

Дисковый нож размещен у последнего корпуса так, чтобы ось вращения диска находилась на одной вертикали с носком лемеха, а плоскость диска была вынесена в сторону непаханого поля от полевого обреза корпуса на расстояние $C_2 = 20$ мм.

Диаметр дискового ножа выберем из условия

$$D_H = 2(h + D) + d_{CT}, \quad (2.4)$$

где h – глубина хода ножа (принимается $2/3$ от глубины вспашки);

Δ – зазор между фланцем ступицы и поверхностью поля ($\Delta = 20 \dots 25$ мм);

d_{CT} – диаметр фланца ступицы ножа ($d_{CT} = 50 \dots 80$ мм).

$$D_H = 2\left(\frac{2}{3} 0,27 + 0,02\right) + 0,08 = 0,48 \text{ м.}$$

Для поддержания заданной глубины пахоты используется опорное колесо.

Предварительно диаметр колеса принимают в зависимости от глубины обработки:

$$D_K = 2a_{\max} + d_0 + 2D_0, \quad (2.5)$$

где a_{\max} – максимальная глубина обработки (принимаем $a_{\max} = a = 0,27$ м);

d_0 – диаметр оси колеса (принимаем $d_0 = 50$ мм);

Δ_0 – зазор между поверхностью поля и осью ($\Delta_0 = 50 \dots 70$ мм).

$$D_K = 2 \times 0,27 + 0,05 + 2 \times 0,06 = 0,71 \text{ м.}$$

Для обеспечения перекатывания колеса по полю диаметр колеса проверяют по формуле Грандвуане – Горячкина:

$$D_K = \frac{R_{KZ}^2}{\sqrt{qb_0 R_{KX}}}, \quad (2.6)$$

где R_{KZ} – вертикальная нагрузка, действующая на колесо, Н ($R_{KZ} = 0,5G_{\text{ПЛУГА}}$);

q – коэффициент объемного смятия почвы, Н/мм³;

R_{KX} – горизонтальная составляющая сопротивления перекатывания колеса, Н;

$$R_{кк} = R_{кз} \mu, \quad (2.7)$$

где μ – коэффициент сопротивления качению.

Ширина обода колеса:

$$b_0 = R_{кз} / k, \quad (2.8)$$

где k – допускаемая удельная нагрузка на 1 см ширины обода.

Вес плуга:

$$G_{\text{ПЛУГА}} = G_{\text{пл}} + G_{\text{почвы}}, \quad (2.9)$$

где $G_{\text{пл}}$ – вес плуга без учета налипшей почвы, Н;

$G_{\text{почвы}}$ – вес почвы.

Вес плуга без учета налипшей почвы определяется по зависимости

$$G_{\text{пл}} = 9,81 m_0 a b n, \quad (2.10)$$

где m_0 – удельная масса плуга, кг/м² ($m_0 = (2,2 \dots 3,0) 10^3$ кг/м²). Меньшее значение m_0 соответствует одно-, четырехкорпусным навесным плугам, большие – с количеством корпусов более четырех и оборотным;

n – количество корпусов.

Вес налипшей на плуг почвы:

$$G_{\text{почвы}} = k_{\text{п}} a n, \quad (2.11)$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент, устанавливающий зависимость между глубиной пахоты и весом пласта почвы, находящегося на отвальной поверхности плуга ($k_{\text{п}} = 0,296$ Н/м).

Рассчитываем приведенные данные:

$$G_{\text{почвы}} = 0,296 \cdot 0,27 \cdot 4 = 0,32 \text{ Н};$$

$$G_{\text{пл}} = 9,81 \cdot 2,5 \cdot 10^3 \cdot 0,27 \cdot 0,345 \cdot 4 = 9376 \text{ Н};$$

$$G_{\text{ПЛУГА}} = 9376 + 0,32 = 9376,32 \text{ Н};$$

$$R_{\text{кз}} = 0,5 \cdot 9376,32 = 4688,16 \text{ Н};$$

$$R_{\text{кх}} = 4688,16 \cdot 0,25 = 1172,04 \text{ Н};$$

$$b_0 = 4688,16 / 294 = 16,0 \text{ см};$$

$$D_{\text{к}} = \frac{4688,16}{\sqrt{2,00 \times 0,16 \times 172,04}} = 242,1 \text{ мм}.$$

Таким образом, для перекаtywания колеса достаточно диаметра 242,1 мм.

Принимаем $D_{\text{к}} = 0,71 \text{ м}$.

Определяем расстояние $l_{\text{к}}$ от оси колеса до носка переднего корпуса в продольной плоскости:

$$l_{\text{к}} = \frac{1}{2,5 \dots 3,8} l(n-1); \quad (2.12)$$

$$l_{\text{к}} = \frac{1}{3,0} 0,833(4-1) = 0,833 \text{ м}.$$

В поперечном направлении опорное колесо устанавливается так, чтобы расстояние $l_{\text{п}}$ от осевой линии обода до стенки борозды (до полевого обреза корпуса за ним идущего корпуса) в 1,2...1,5 раза превышало максимальную глубину вспашки a_{max} .

3 Определение усилия, необходимого для перевода плуга из рабочего в транспортное положение

Усилие подъема (усилие в штоке гидроцилиндра) навесного орудия зависит:

- от веса орудия;
- расположения его центра тяжести;

- размеров и положения звеньев механизма навесной системы трактора;
- воздействия или отсутствия воздействия почвы.

Максимальное усилие подъема плуга будет иметь место при его выглублении из борозды. В этом случае сопротивление подъему плуга зависит не только от веса плуга, но и от веса почвы на корпусах плуга, сил сопротивления деформации и перемещения почвы, реакции почвы на опорное колесо и силы трения полевых досок о стенку борозды.

Усилие в штоке гидроцилиндра или в звеньях механизма навески можно измерить или определить, используя графоаналитический метод, применив принцип рычага акад. Н. Е. Жуковского. Этот принцип сводится к построению планов скоростей, повернутых на 90° , и приложению к соответствующим точкам этих планов действующих сил. При этом сумма моментов всех сил относительно полюса планов скоростей равна нулю.

Академик Н. Д. Лучинский предложил весьма удобный способ построения повернутых на 90° планов скоростей звеньев механизма на схеме самого механизма. При этом если масштаб планов скоростей принять равным угловой скорости поворота звеньев относительно полюса этого плана, то точки конца векторов абсолютных скоростей будут совпадать с точками конца звеньев.

При построении плана необходимо учитывать, что векторы абсолютных скоростей откладываются из полюса, а относительных – с концов векторов абсолютных скоростей.

Согласно данным таблицы 2.5 и рисунка 2.11 [1] вычерчиваем элементы навески трактора и схему плуга в заглубленном на заданную глубину a пахоты положении. Длина звеньев C_1D_1 и FE определяется из построения.

Последовательность построения системы навески и плуга в заглубленном положении:

- проводим горизонтальную линию, отображающую дно борозды;
- от дна борозды откладываем заданную глубину пахоты a и проводим линию, отображающую поверхность поля;
- от дна борозды откладываем высоту расположения рамы плуга над опорной плоскостью корпусов H и проводим горизонтальную линию – место расположения рамы плуга;
- координатой Z_A определяем положение точки A над поверхностью поля;
- из точки A находим положение точки B_1 на горизонтальной линии, используя длину звена AB_1 как радиус, и соединяем их между собой;
- используя рисунок 2.11 и значения координат из таблицы 2.5, [1] определяем положение опорных точек F , D и D_1 навесной системы плуга;
- под углом 85° относительно рамы плуга вычерчиваем звено B_1C_1 ;
- соединив точки D_1 и C_1 , вычерчиваем звено D_1C_1 , при этом его длину (длину центральной тяги навески трактора) определяем из условия, что рама плуга в рабочем положении должна располагаться горизонтально;
- методом засечек вычерчиваем звенья ΔDCE , FE и BC навесной системы;
- по значениям, рассчитанным в разделе 2.3, определяем и вычерчиваем положение рабочих органов и центра тяжести плуга;
- положение центра тяжести (точка E_1) обозначаем на вертикальной линии, проходящей посередине корпусов плуга на расстоянии $Z_{E_1} = 150$ мм от рамы;
- прикладываем к штоку гидроцилиндра в точке F и к центру тяжести плуга в точке E_1 соответственно силу выглубления Q и вес $G_{\text{ПЛУГА}}$.

В момент перевода плуга из рабочего в транспортное положение действует суммарная сила сопротивления.

$$\bar{Q} = \bar{G}_{\text{ПЛУГА}} + \bar{R}_{\text{XZ}} + \bar{F}_{\text{пд}} + \bar{N}_{\text{к}} + R, \quad (3.1)$$

где R_{XZ} – реакция почвы на отвальные поверхности плуга, Н;

$F_{\text{пд}}$ – сила трения полевых досок о стенку борозды, Н;

$N_{\text{к}}$ – реакция почвы на опорное колесо, Н;

R – результирующая сила сопротивления дискового ножа, Н.

Определяем тяговое сопротивление корпусов плуга:

$$R_{\text{X}} = k_{\text{п}} a b n, \quad (3.2)$$

где $k_{\text{п}}$ – удельное сопротивление почвы, Па (исходные данные).

$$R_{\text{X}} = 2 \cdot 10^4 \cdot 0,27 \cdot 0,345 \cdot 4 = 7452 \text{ Н.}$$

При этом тяговое сопротивление одного корпуса равно

$$R_{\text{X1}} = 2 \cdot 10^4 \cdot 0,27 \cdot 0,345 = 1863 \text{ Н.}$$

Реакция почвы на рабочие поверхности корпусов:

$$R_{\text{XZ}} = R_{\text{X1}} / \cos \psi, \quad (3.3)$$

где ψ – угол, характеризующий направление действия силы R_{XZ} .

$$R_{\text{XZ}} = 1863 \cdot \cos 8^\circ = 1881,3 \text{ Н.}$$

Силу R_{XZ} прикладываем к корпусу в точке M на расстоянии $0,5 a$ от носка лемеха под углом ψ к горизонтали.

Сила трения полевых досок о стенку борозды:

$$F_{\text{пд}} = f R_{\text{Y}}, \quad (3.4)$$

где R_{Y} – сила, действующая на полевую доску, Н.

$$R_{\text{Y}} = R_{\text{X1}} \operatorname{ctg} (\gamma_0 + \varphi); \quad (3.5)$$

$$R_Y = 1863 \cdot \operatorname{ctg} (41^\circ + 26,5^\circ) = 771,7 \text{ Н};$$

$$F_{\text{ПД}} = 0,49 \cdot 771,7 = 378,1 \text{ Н.}$$

Сила трения почвы о полевые доски $F_{\text{ПД}}$ прикладывается к полевой доске корпуса в точке K на расстоянии $l_{\text{П}} = 400$ мм от носка лемеха и на высоте $c_k = 50$ мм от дна борозды для корпусов шириной захвата до 35 см включительно и $c_k = 80$ мм для корпусов шириной захвата более 35 см.

Реакция почвы на опорное колесо плуга:

$$N_K = \frac{R_{\text{КЗ}}}{\cos \mu_K}, \quad (3.6)$$

где $\mu_K = \operatorname{arctg} \mu$ – угол сопротивления качению.

$$N_K = \frac{4688,16}{\cos 14^\circ} = 4381,7 \text{ Н.}$$

Сила N_K прикладывается к ободу колеса опорного колеса под углом μ_K к вертикали по направлению к оси колеса O .

На лезвие ножа действуют силы сжатия почвы и сопротивления ее трению по боковым поверхностям. Равнодействующая этих сил сводится к результирующей R , направленной по радиусу под углом δ_n к центру диска.

Принимаем $R_x = 0,7$ кН; $R_y = 1,2 \cdot 0,7 = 0,84$ кН.

Результирующая равна

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}; \quad (3.7)$$

$$R = \sqrt{0,7^2 + 0,84^2} = 1,09 \text{ кН.}$$

Угол δ_n результирующей R равен

$$\delta_{\text{н}} = \text{arctg} \frac{R_x}{R_y}; \quad (3.8)$$

$$\delta_{\text{н}} = \text{arctg} \frac{0,7}{0,84} = 39,8^\circ.$$

Перечисленные силы наносим на проекцию схемы плуга в продольно-вертикальной плоскости.

Составляем уравнение моментов сил, действующих на плуг, и определяем усилие в штоке гидроцилиндра.

$$G_{\text{ПЛУГА}} \cdot H_G - Q \cdot H_Q - R_{\text{XZ1}} \cdot H_{\text{RXZ1}} - R_{\text{XZ2}} \cdot H_{\text{RXZ2}} - R_{\text{XZ3}} \cdot H_{\text{RXZ3}} - R_{\text{XZ4}} \cdot H_{\text{RXZ4}} - F_{\text{ПД1}} \cdot H_{\text{ФПД1}} - F_{\text{ПД2}} \cdot H_{\text{ФПД2}} - F_{\text{ПД3}} \cdot H_{\text{ФПД3}} - F_{\text{ПД4}} \cdot H_{\text{ФПД4}} - N_K \cdot H_{\text{NK}} - R \cdot H_R = 0;$$

$$Q = (G_{\text{ПЛУГА}} \cdot H_G - R_{\text{XZ1}} \cdot H_{\text{RXZ1}} - R_{\text{XZ2}} \cdot H_{\text{RXZ2}} - R_{\text{XZ3}} \cdot H_{\text{RXZ3}} - R_{\text{XZ4}} \cdot H_{\text{RXZ4}} - F_{\text{ПД1}} \cdot H_{\text{ФПД1}} - F_{\text{ПД2}} \cdot H_{\text{ФПД2}} - F_{\text{ПД3}} \cdot H_{\text{ФПД3}} - F_{\text{ПД4}} \cdot H_{\text{ФПД4}} - N_K \cdot H_{\text{NK}} - R \cdot H_R) / H_Q;$$

$$Q = (9376,32 \cdot 1,98 - 1881,3 \cdot 0,272 - 1881,3 \cdot 0,190 - 1881,3 \cdot 0,127 - 18881,3 \cdot 0,048 - 378,1 \cdot 0,443 - 378,1 \cdot 0,443 - 378,1 \cdot 0,432 - 378,1 \cdot 0,443 - 4381,7 \cdot 1,36 - 1090 \cdot 2,197) / 0,193 = 43369 \text{ Н.}$$

Таким образом, усилие в штоке гидроцилиндра, необходимое для перевода плуга из рабочего в транспортное положение, составляет 43369 Н.

Заключение

Качество обработки почвы существенно влияет на урожайность. Так как в Республике Беларусь большое количество почв засорены камнями, для вспашки необходимо использовать плуги, оснащенные предохранительными механизмами, которые будут защищать плуг от препятствий, но и одновременно будут поддерживать заданную глубину вспашки.

В данной работе решены следующие задачи:

- разработана лемешно-отвальная поверхность корпуса плуга;
- определено размещение рабочих органов и колес на раме плуга;
- определено усилие, необходимое для перевода плуга из рабочего в транспортное положение.

Список использованных источников

1. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) : учебно-методическое пособие / Н. Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2015. – 136 с.

2. Положение о порядке организации курсового проектирования и защиты курсовых проектов (работ) (введено в действие приказом № 176 от 26.06.2014).

3. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. – М. : КолосС, 2008. – 816 с.

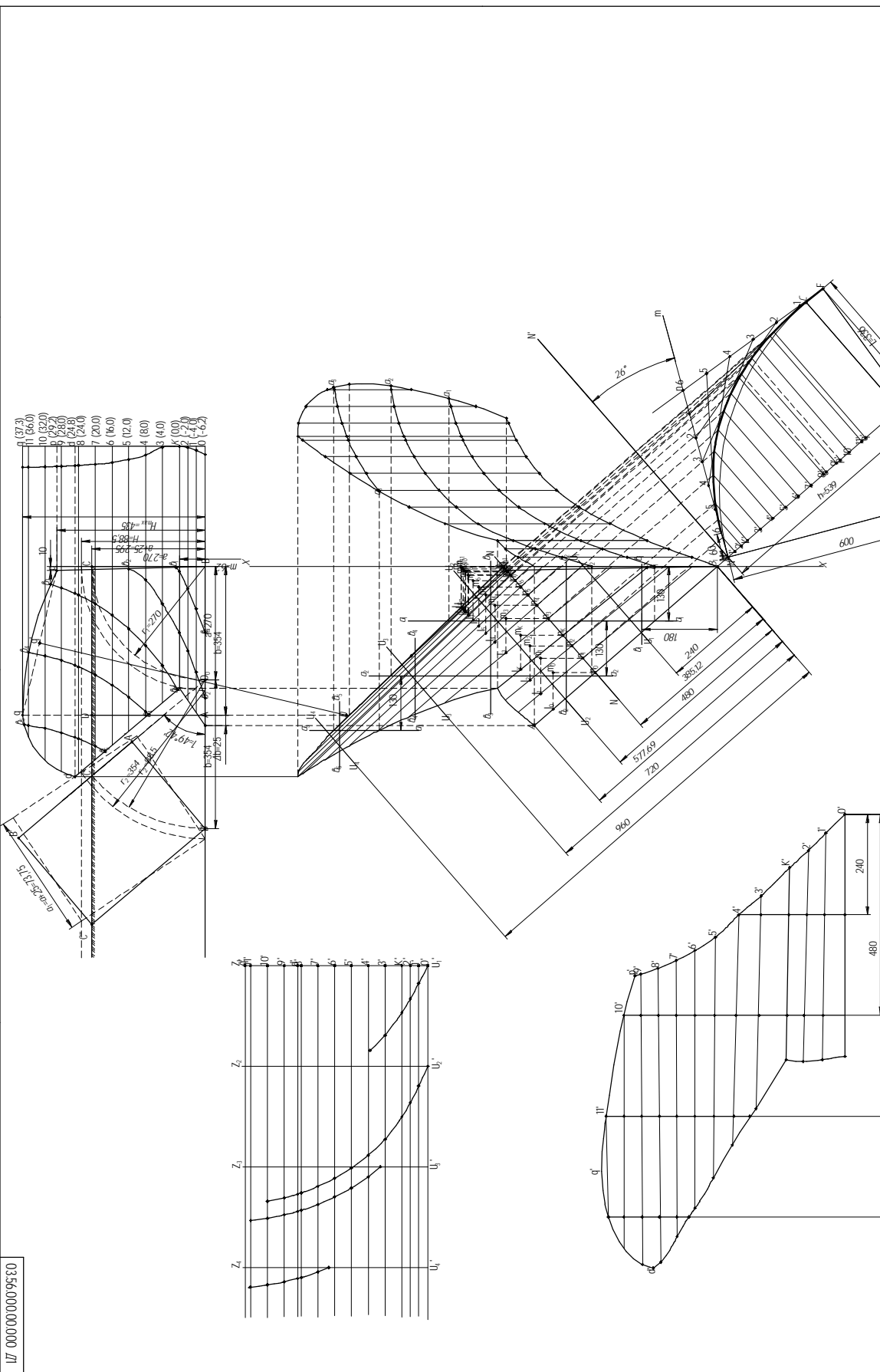
4. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Лившиц. – М. : КолосС, 2004. – 624 с.

5. Босой, Е. С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин : учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е. С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов [и др.]; под ред. Е. С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1977. – 432 с.

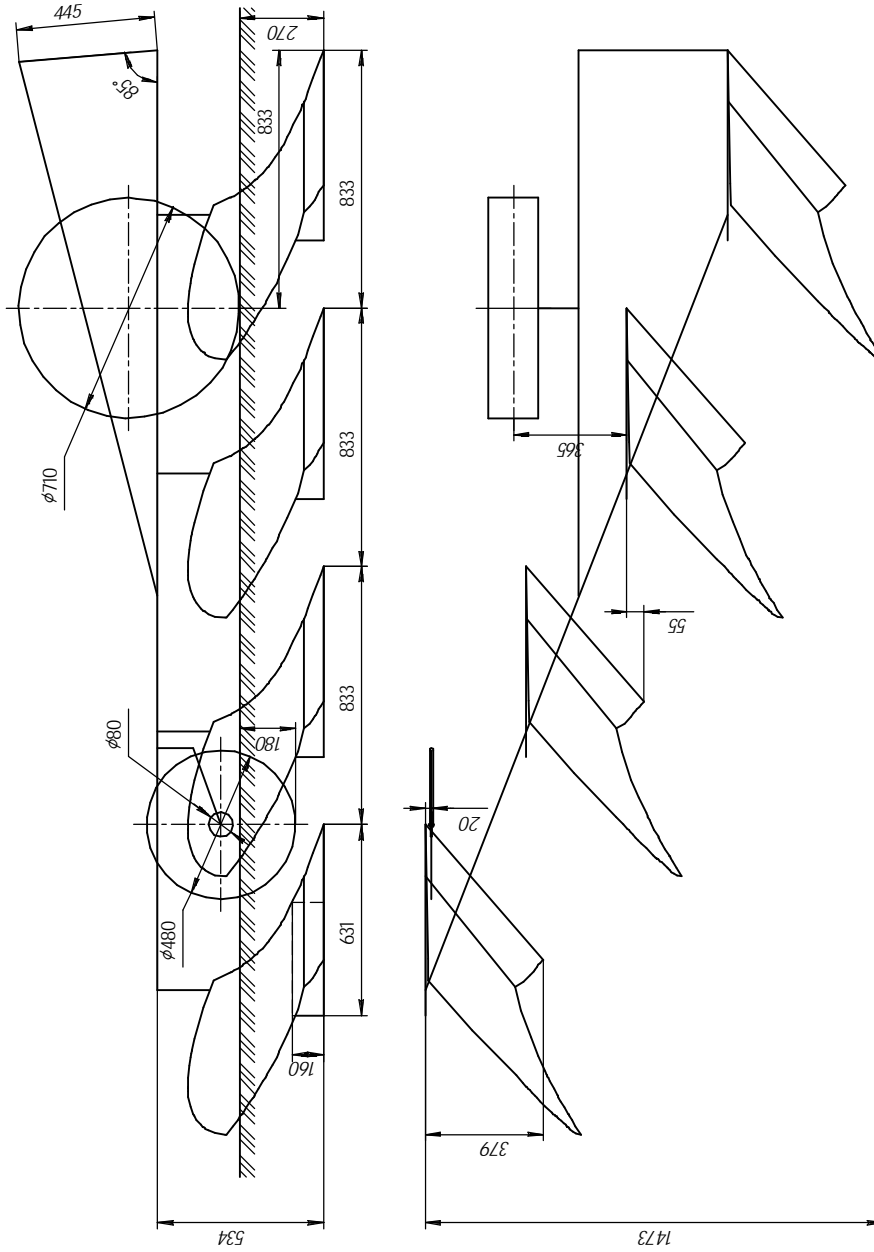
6. Гильштейн, П. М. Почвообрабатывающие машины и агрегаты / П. М. Гильштейн, Д. З. Стародинский, М. З. Цимерман. – М. : Машиностроение, 1969. – 191 с.

7. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М. : Машиностроение, 1989. – 284 с.

0356.000.000.000 Л/1		Лист	14
Архитектурный отдел		№ чертежа	14
Лексикон		№ листа	1
Мушкетеры		№ листа	1
Мушкетеры		№ листа	1
Мушкетеры		№ листа	1
Мушкетеры		№ листа	1
Мушкетеры		№ листа	1
Мушкетеры		№ листа	1
Мушкетеры		№ листа	1
Мушкетеры		№ листа	1
Мушкетеры		№ листа	1



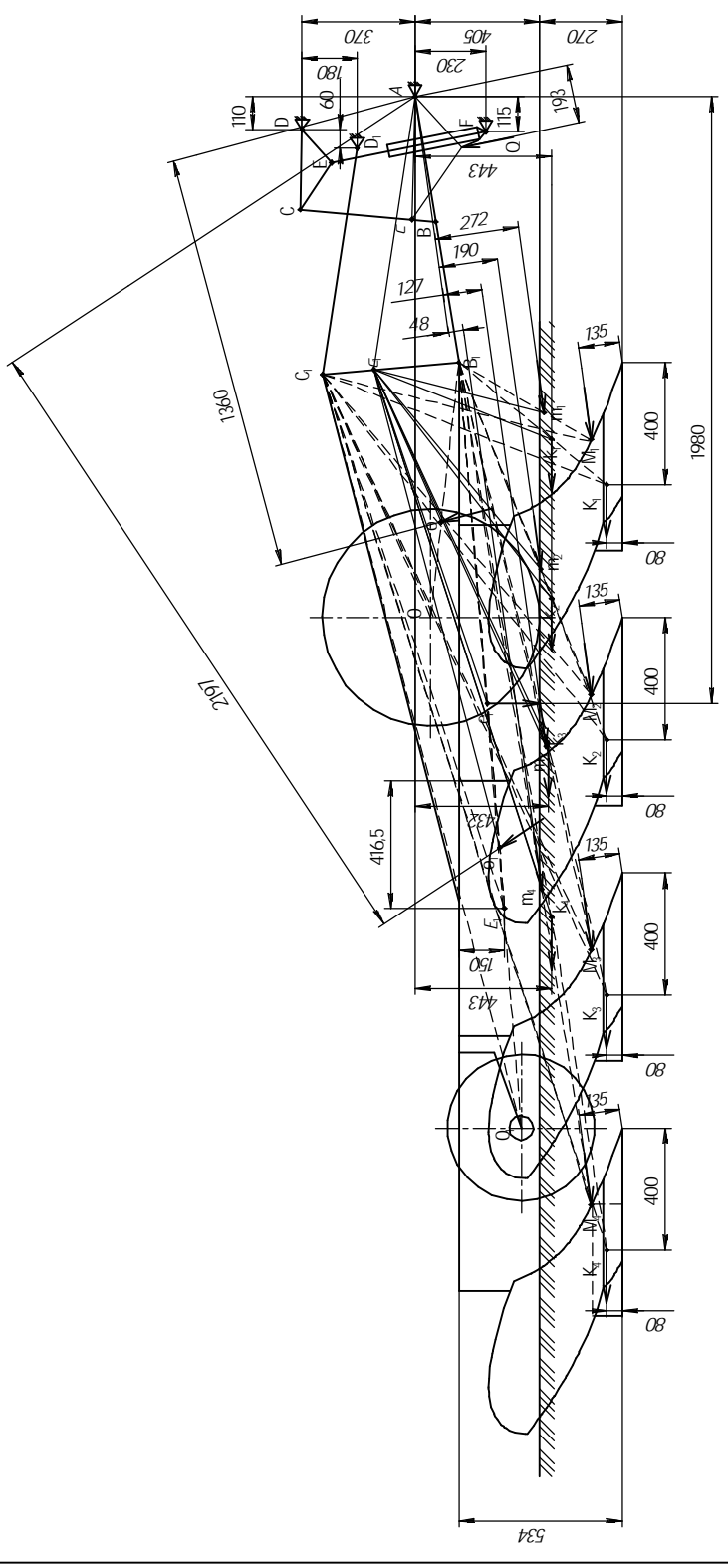
0356.000.000.000 Л/1



03.56.0000.00.000 /12

03.56.0000.00.000 /12		Схема размещения рабочих органов на раме плуза		Лист	№ документа	Дата	Исполнитель	Проверено	Утверждено	И.о. исполнителя	И.о. исполнителя	И.о. исполнителя
Лист	№ документа	Дата	Исполнитель	Проверено	Утверждено	И.о. исполнителя	И.о. исполнителя	И.о. исполнителя	И.о. исполнителя	И.о. исполнителя	И.о. исполнителя	И.о. исполнителя
110	955.8	1										
БГАТУ, стр. 45 из 45												

03.56.000.00.000 Л3



03.56.000.00.000 Л3	
Определение условия	
№ докум.	Испол.
Год	Дата
необходимого диаметра для	
пузыря в рабочем б	
пропорциональное положение	
Испол.	Лист
Лист	Листов
БГАУ, стр. 45 М	

Учебное издание

Чеботарев Валерий Петрович,
Шило Иван Николаевич,
Радишевский Генрих Андреевич и др.

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *В. П. Чеботарев*
Корректор *Д. О. Бабакова*
Компьютерная верстка *Д. О. Бабаковой*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 27.07.2020. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 23,71. Уч.-изд. л. 9,27. Тираж 99 экз. Заказ 331.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.