

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по аграрному техническому образованию
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности 1-36 12 01 «Проектирование
и производство сельскохозяйственной техники»*

Минск
БГАТУ
2022

УДК 631.3(07)

ББК 40.72я7

П79

Составители:

кандидат технических наук, доцент *П. В. Авраменко*,
кандидат технических наук, доцент *А. И. Пунько*,
кандидат технических наук, доцент *В. Б. Попов*,
кандидат технических наук, доцент *Г. А. Радишевский*,
старший преподаватель *А. В. Гуд*,
кандидат педагогических наук, доцент *Н. Г. Серебрякова*

Рецензенты:

кафедра лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства
УО «Белорусский государственный технологический университет»
(кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой *С. П. Мохов*);
кандидат технических наук, заведующий лабораторией
механизации производства овощей и корнеклубнеплодов
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» *В. В. Голдыбан*;
кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник
сектора эксплуатационно-экономической оценки машин
лаборатории системы машин и технического использования машинно-тракторного парка
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» *А. А. Жешко*

Проектирование сельскохозяйственной техники. Курсовое проектирование : учебно-
П79 методическое пособие / сост.: П. В. Авраменко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2022. – 88 с.
ISBN 978-985-25-0151-4.

Включает цели, задачи, требования к оформлению, содержанию, структуре курсового проекта по дисциплине «Проектирование сельскохозяйственной техники». Приведен пример выполненного курсового проекта.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники».

УДК 631.3(07)

ББК 40.72я7

ISBN 978-985-25-0151-4

© БГАТУ, 2022

Содержание

Введение.....	4
1 Общие требования по выполнению курсового проекта	5
1.1 Цель, задачи и тематика курсового проекта	5
1.2 Требования к содержанию и оформлению курсового проекта.....	7
2 Методические рекомендации по выполнению курсового проекта	15
2.1 Структура пояснительной записки	15
2.2 Методика выполнения инженерных расчетов	18
Список рекомендуемой литературы	34
Приложения	36

Введение

Одной из основных форм самостоятельной работы студентов является выполнение ими курсовых работ (проектов). Поэтому неотъемлемым элементом учебного процесса являются методические указания к выполнению курсовых работ (проектов) по изучаемым дисциплинам. Они дают студентам возможность правильно и квалифицированно подготовить курсовую работу, соблюдая все стандарты оформления.

Курсовой проект по дисциплине «Проектирование сельскохозяйственной техники» является творческой самостоятельной работой, направленной на систематизацию, углубление и закрепление знаний и умений, полученных в ходе изучения данной дисциплины.

Выполнение курсового проекта предполагает наличие также знаний по следующим учебным дисциплинам: математика, физика, теория механизмов и машин, детали машин, сопротивление материалов, гидравлика, материаловедение и технология конструкционных материалов, тракторы и автомобили, сельскохозяйственные машины, компьютерная механика.

Настоящее учебно-методическое пособие позволит студентам грамотно сформулировать цели и задачи курсового проекта, правильно провести анализ литературных источников по заданной теме, выполнить необходимые расчеты и оформить полученные результаты.

В пособии рассмотрены основные положения и методы выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование сельскохозяйственной техники». Сформулированы цели и задачи, приведены тематика и структура, а также методика выполнения отдельных разделов работы. В приложениях даны структура титульного листа, задания, пример выполнения пояснительной записки и графической части.

Учебно-методическое пособие оформлено в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

1 Общие требования по выполнению курсового проекта

1.1 Цель, задачи и тематика курсового проекта

Целью курсового проекта является закрепление теоретических знаний студентов, формирование у них умения применять полученные знания при решении прикладных инженерных задач, подготовка к выполнению дипломного проекта и к самостоятельной работе по специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники», развитие творческих и аналитических способностей.

Задачами курсового проектирования являются:

– освоение, углубление, обобщение и проверка теоретических знаний и практических навыков, полученных студентами в процессе изучения дисциплины «Проектирование сельскохозяйственной техники»;

– решение актуальных задач в области проектирования сельскохозяйственной техники, демонстрация эрудиции, умение анализировать проблемы и предлагать пути их решения, самостоятельно делать выводы;

– формирование умений использовать справочную литературу, нормативно-техническую документацию, осуществлять патентный поиск.

Оригинальность постановки и решения конкретных вопросов в соответствии с проблематикой исследования, а также глубина, широта охвата и самостоятельность исследования являются основополагающими критериями оценки качества курсового проекта по дисциплине.

Курсовой проект может выполняться по любому виду сельскохозяйственных машин, орудий и оборудования.

Студент имеет право выбрать тему курсового проекта из числа предложенных преподавателем или выдвинуть собственную с обоснованием ее целесообразности. Преподаватель также может предложить тему, отличающуюся от указанных, например в связи с научной деятельностью студента, выполняемыми проектно-конструкторскими работами, разработкой дипломного проекта. Недопустимо выполнение курсового проекта на одинаковую тему несколькими студентами. Темы должны быть утверждены заведующим кафедрой и согласованы.

Примерный перечень заданий на курсовой проект по теме «Проектирование узлов и механизмов сельскохозяйственных машин»:

1. Проектирование рамы навесного поворотного плуга ПНГ-4.
2. Проектирование предохранительного устройства плуга ПКМ-5-40.
3. Проектирование корпуса с активным отвалом и гидроприводом двухсекционного плуга ПЛН-2,6.
4. Проектирование глубокорыхлителя для плуга ПБН-3-50.

5. Проектирование прикатывающего катка культиватора КНЧ-4,2.
6. Проектирование прикатывающего устройства агрегата комбинированного широкозахватного АКШ-9.
7. Проектирование шевронного катка для чизельно-дискового культиватора КЧД-6.
8. Проектирование рабочего органа модульного катка-планировщика КМ-7.
9. Проектирование секции рабочих органов фрезерной почвообрабатывающей машины активного типа ФСБ-1,8.
10. Проектирование рабочего органа агрегата комбинированного для минимальной обработки почвы АКМ-4.
11. Проектирование рабочих органов агрегата почвообрабатывающего многофункционального АПМ-6.
12. Проектирование измельчающего аппарата косилки садовой КС-3.
13. Проектирование роторного рабочего органа косилки для ухода за лугопастбищными угодьями КП-6,2.
14. Проектирование рабочих органов (высевающего аппарата, прикатывающего устройства, сошника) пневматической сеялки СПУ-3.
15. Проектирование ботвоудаляющего устройства комбайна полуприцепного картофелеуборочного ПКК-2-02.
16. Проектирование модуля выделения почвенных примесей картофелесортировочного пункта ПКСП-25.
17. Проектирование механизма срезания и транспортировки ботвы свеклоуборочного комбайна КСН-6.
18. Проектирование механизма плющения скошенной массы косилки-плющилки навесной КПН-3,1.
19. Проектирование рабочих органов дисковой бороны АДН «Дискатор».
20. Проектирование рабочих органов дисковой бороны БД-6.
21. Проектирование рыхлителя агрегата почвообрабатывающего посевного АПП-6.
22. Проектирование разрушителя комков агрегата почвообрабатывающего посевного АПП-4.
23. Проектирование режущего аппарата косилки-плющилки прицепной КПП-4,2.
24. Проектирование дисковой батареи культиватора прицепного КП-6.
25. Проектирование штанги опрыскивателя ОП-2500-18К.
26. Проектирование рабочих органов скреперной установки УСГ-3.
27. Проектирование вальцовых рабочих органов упаковщика-плющилки зерна УПЗ-20.

28. Проектирование разбрасывающих рабочих органов машины для внесения твердых органических удобрений УПТС-15.

29. Проектирование рабочих органов машины для внесения минеральных удобрений МШХ-9.

30. Проектирование секций впусшителя лент льна ВЛН-4,5.

31. Проектирование рабочих органов дисковой косилки КДП-310.

Задание на курсовой проект выдается обучающемуся в первые две недели семестра, в котором предусмотрено курсовое проектирование по изучаемой учебной дисциплине.

В задании на курсовой проект руководитель указывает тему, формирует исходные данные для выполнения расчетов, уточняет содержание графической части, устанавливает график выполнения работы и сроки сдачи. Задание подписывается руководителем курсового проекта, студентом, датируется днем выдачи и утверждается заведующим кафедрой.

1.2 Требования к содержанию и оформлению курсового проекта

Курсовой проект состоит из двух частей: пояснительной записки и графической части, включающей три листа формата А1, которые выполняются и оформляются в соответствии с положением о порядке организации курсового и дипломного проектирования и защиты курсовых проектов [1].

Пояснительная записка состоит из следующих частей:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- ведомость проектной документации;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основная часть:
 - анализ условий эксплуатации модернизируемой машины;
 - обоснование предлагаемой конструкции узла или механизма в модернизируемой машине;
 - обоснование параметров разработанного узла или механизма модернизируемой машины;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Титульный лист является первой страницей пояснительной записки. Выполняется на бланке установленной формы. На титульном листе рамки не выполняются, штамп основной надписи не приводят. Пример формы титульного листа приведен в приложении А.

Задание на проектирование является основанием разрабатываемого проекта. Задание выполняется на бланке установленного образца, который выдается руководителем курсового проекта и утверждается заведующим кафедрой. При получении задания студент ставит на нем подпись. Форма задания приведена в приложении Б.

Ведомость проектной документации является сводным перечнем всех материалов, разработанных при проектировании. Пример заполнения ведомости проектной документации приведен в приложении В.

Реферат – краткая характеристика выполненного проекта, предназначенная для предварительного ознакомления с ним и отражающая основное содержание работы с точки зрения ее преимуществ и достижения поставленной цели.

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 по центру.

Объем реферата – не более одной страницы. Вначале указывают объем курсового проекта: общий объем текстовых материалов, количество иллюстраций (эскизов, рисунков), таблиц, использованных источников, объем и формат графической части. Далее приводят ключевые слова. Перечень должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста записки, в наибольшей степени характеризующих содержание. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и записываются строчными буквами через запятые после слов «Ключевые слова». Затем дают краткое содержание проекта, отражающее цель, методы разработки, принятые решения, итоговые результаты. Пример реферата приведен в приложении В.

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 записки. Его размещают сразу после листа реферата с новой страницы и при необходимости продолжают на последующих листах. Слово «Содержание» пишут с прописной буквы посередине строки. В содержании приводят порядковые номера и наименования разделов, подразделов и пунктов, имеющих наименование, а также приложений с их обозначениями и наименованиями. Указывается номер страницы, на которой размещено начало материала (раздела, подраздела и т. п.). Не рекомендуется проводить подробное деление материала. На первой странице содержания приводят основную надпись по форме, соответствующей основной надписи первого листа текстового материала. Пример оформления содержания приведен в приложении В.

Текст пояснительной записки включает следующие разделы: введение, основная часть, заключение.

В разделе «Введение» указываются актуальность и значимость темы, формулируются цели и задачи курсового проекта.

В основной части необходимо провести анализ условий работы проектируемой машины (рабочего органа); изложить техническую характеристику, устройство и технологический процесс работы; проанализировать преимущества и недостатки конструкции модернизируемой машины; сформулировать задачу, провести поиск способов ее решения, проанализировать конструкции аналогичных машин или результаты проведенного патентного поиска.

В пояснительной записке также необходимо привести описание (устройство) измененного узла (рабочих органов) и рабочий процесс модернизированной машины. Следует проверить результаты проектирования путем компьютерного инженерного анализа основных конструктивных элементов и выполнить технологические (конструктивные, кинематические и др.) расчеты усовершенствованной машины.

При анализе результатов проектирования необходимо сделать вывод о состоянии модернизированного узла (рабочих органов), его работоспособности, качестве выполняемого процесса, целесообразности использования конструкции.

В разделе «Заключение» необходимо кратко подвести итоги проектирования, сформулировать основные результаты и выводы.

Список использованных источников. Все библиографические записи составляют по определенным правилам в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание». Список использованных источников формируется либо в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки, либо в алфавитном порядке фамилий первых авторов и (или) заглавий. В список включают только те источники, на которые в тексте пояснительной записки имеются ссылки. Каждый источник, включенный в список, нумеруют арабскими цифрами с точкой и записывают с новой строки.

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, решаемых на ЭВМ, и т. д.

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

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху слова «Приложение» и его обозначения.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность. Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

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

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц. Все приложения (при их наличии) должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.

Объем пояснительной записки без учета приложений составляет 30–40 страниц машинописного текста.

Объем графической части курсового проекта составляет три листа формата А1. Она должна включать чертеж общего вида модернизируемой машины, сборочный чертеж разрабатываемого узла и его детализовку. Все чертежи сопровождаются спецификациями, которые представляют в конце пояснительной записки.

При оформлении пояснительной записки следует руководствоваться положениями ГОСТ 2.105–95 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам». При выполнении текста записки машинописным способом его набирают в текстовом редакторе Word, используя шрифты Times New Roman размером 14 pt (пунктов) с полуторным интервалом, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 12,5 мм.

Текст пояснительной записки излагается в соответствии с учебно-методическим пособием [1]. Основные надписи на листах пояснительной записки выполняют по формам согласно ГОСТ 2.104–2006.

Пример оформления листов пояснительной записки приведен в учебно-методическом пособии [1].

Всей документации, содержащей основную надпись, присваивается обозначение

02.13.XXX.00.000 АБ,

где XXX – номер задания на курсовой проект;

АБ – шифр документа (например, ПЗ – пояснительная записка, ВО – чертеж общего вида, СБ – сборочный чертеж, ТС – схема технологическая и т. д.).

Разделам присваивают порядковые номера, которые обозначают арабскими цифрами без точки и записывают с абзацного отступа полужирным шрифтом строчными буквами с первой прописной. Слова в названии разделов, подразделов и пунктов не переносятся.

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 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 – три интервала при выполнении машинописным способом. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – два интервала при выполнении машинописным способом.

Каждый раздел пояснительной записки следует начинать с новой страницы. Незначительные неточности, опiski, ошибки, ошибочные записи, обнаруженные в процессе выполнения текстового материала на листе, допускается исправлять при помощи корректора.

Математические формулы в пояснительной записке могут располагаться внутри текста или отдельными строками. Внутри текста помещают несложные и не дробные формулы, которые, как правило, не нумеруют. На отдельных строках приводят более сложные формулы, которые обычно сопровождаются пояснениями примененных символов. 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 (×) 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.

Пример. Напряжение растяжения σ_p , МПа, возникающее в тяге, определяется по формуле

$$\sigma_p = \frac{4F}{\pi d^2}, \quad (1.1)$$

где F – сила, действующая в тяге, Н;

d – диаметр тяги, мм.

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.

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.

Название таблицы должно отражать ее содержание, 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.

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 1.1.



Рисунок 1.1 – Оформление таблицы

Название таблицы выравнивают по ширине без отступа. Шрифт названия таблицы и текста внутри таблицы уменьшают на 1-2 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, если имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Требования к заполнению таблиц приведены в учебно-методическом пособии [1].

Иллюстрации могут быть выполнены на белой писчей бумаге, ватмане и т. п. Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации обозначаются словом «Рисунок» и нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией, даже если в тексте приводится только одна иллюстрация. Слово «Рисунок» с номером помещают под иллюстрацией, выравнивают по центру и используют шрифт на 1-2 пт меньше, чем текст основной записки. Например, «Рисунок 1 – Трехмерная модель детали».

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 могут иметь пояснительные данные. Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных [1]. Если в тексте документа имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то на ней должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые размещают в возрастающей последовательности слева направо.

Листы, на которых размещены иллюстрации, включают в общую нумерацию листов записки.

Графическая часть курсового проекта оформляется на листах формата А1. Характер и количество изображений на чертежах деталей должны полностью определять форму и размеры изображаемой детали. Изображения выполняют по ГОСТ 2.109–73, ГОСТ 2.305–2008, ГОСТ 2.306–68.

На чертеже деталь изображают с размерами, допусками формы, расположением, значениями шероховатости и другими параметрами, которые она должна иметь перед сборкой. Не допускается помещать технологические указания. Исключение составляют указания о выборе вида заготовки (отливка, поковка и т. д.), а также указания о применении определенных способов обработки для тех случаев, когда они предусматриваются как единственные гарантирующие требуемое качество детали, например совместная обработка, притирка, доводка и т. д.

Основанием для суждения о размерах детали служат только цифровые значения, проставленные на чертеже, независимо от его масштаба. Количество размеров на чертеже должно быть минимальным.

На чертеже детали указывают размеры, допуски на размеры, допуски на форму и расположение поверхностей, обозначение баз, шероховатость поверхностей, технические требования, основную надпись.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия (установки) не учитывают или учитывают приближенно в соответствии с ГОСТ 2.701–2008, ГОСТ 2.703–2011, ГОСТ 2.704–2011.

2 Методические рекомендации по выполнению курсового проекта

2.1 Структура пояснительной записки

В данном разделе приведено краткое описание содержания разделов курсового проекта. Пример содержания приведен в приложении.

В разделе «**Введение**» приводится обоснование актуальности и значимости темы курсового проекта, необходимости проведения модернизации сельскохозяйственной машины, формулируются цели и задачи курсового проекта.

Раздел «**Анализ условий эксплуатации сельскохозяйственной машины**» представляет собой анализ основных исходных данных для проектирования и разработки узла или механизма модернизируемой сельскохозяйственной машины и состоит из следующих подразделов:

- природно-климатические условия эксплуатации модернизируемой сельскохозяйственной машины;
- основные агротехнические требования, предъявляемые к машине при выполнении технологического процесса;
- свойства материала, взаимодействующего с рабочими органами модернизируемой сельскохозяйственной машины.

Подраздел «*Природно-климатические условия эксплуатации модернизируемой сельскохозяйственной машины*» включает в себя описание природных условий эксплуатации сельскохозяйственной машины (рельеф полей, плодородие и типы почв, их механический состав, влажность), а также описание климатических условий эксплуатации сельскохозяйственной машины (среднегодовая температура и количество осадков, влажность воздуха, продолжительность вегетационного периода).

Подраздел «*Основные агротехнические требования, предъявляемые к машине при выполнении технологического процесса*» включает требования к воздействию сельскохозяйственной машины на объект обработки для достижения показателей, обеспечивающих оптимальные условия роста и развития растений (рост урожайности) или получение продукции заданного качества (повышение качества) при наименьших затратах (уменьшение потерь продукции и уменьшение потребности в технологическом материале). Указываются сроки и продолжительность работ, технологические параметры, которые характеризуют качество выполняемых сельскохозяйственных операций, показатели, определяющие расход материалов (удобрений, семян и др.) и допустимые потери продукта (пестицидов, зерна и др.).

В подразделе «*Свойства материала, взаимодействующего с рабочими органами модернизируемой сельскохозяйственной машины*» указываются основные физико-механические свойства материала, с которыми взаимодействует модернизируемый

узел или механизм. При модернизации машин для уборки корнеклубнеплодов дополнительно в данный раздел необходимо включать не только физико-механические свойства убираемого материала, но и физико-механические свойства почв.

В разделе **«Обоснование предлагаемой конструкции узла или механизма в модернизируемой машине»** необходимо представить:

- описание модернизируемой машины и проектируемого узла или механизма;
- анализ существующих конструкций узлов и механизмов в машинах-аналогах;
- обоснование выбора предлагаемой конструктивной схемы проектируемого узла или механизма модернизируемой сельскохозяйственной машины.

В подразделе *«Описание модернизируемой машины и проектируемого узла или механизма»* указываются:

- область применения, назначение, общее устройство, принцип работы и технические характеристики, при необходимости – виды модификаций модернизируемой машины;
- подробное устройство и принцип работы базового узла или механизма модернизируемой машины.

Подраздел *«Анализ существующих конструкций узлов и механизмов в машинах-аналогах»* включает выявление достоинств и недостатков существующих конструкций модернизируемой машины на основе проведения патентного поиска соответствующей глубины, а также анализа современных конструкций отечественного и зарубежного производства.

Анализ следует начать с классификации (типажа) существующих машин и орудий, близких к модернизируемой машине, далее рассмотреть область их применения, конструкции основных частей и их принципиальные схемы, дать оценку их техническим, эксплуатационным и экономическим преимуществам и недостаткам.

Анализ не должен носить чисто описательный характер, а должен иметь оценку рассматриваемых схем и конструкций по их техническим показателям (габариты, вес, энергоемкость, рабочие скорости и усилия, производительность, технологичность, стоимость, сложность обслуживания и пр.).

Анализ существующих конструкций следует завершать выводами, на основании которых в следующем подразделе будет обосновываться принципиальная схема предлагаемого узла или механизма, определяться технические вопросы, оставшиеся нерешенными, и исходя из этого – варианты модернизации сельскохозяйственной машины (орудия).

Для общей наглядности узлов и машин их необходимо пояснить чертежами, схемами, а в отдельных случаях – и рисунками.

При поиске информации используются патентные источники и различного рода информация с сайтов изготовителей техники, аналитические и обзорные статьи по данной тематике.

В подразделе *«Обоснование выбора предлагаемой схемы проектируемого узла или механизма модернизируемой сельскохозяйственной машины»* на основании анализа существующих конструкций и выводов, изложенных в предыдущем подразделе, цели проектирования необходимо представить, описать и обосновать принципиальную схему конструкции предлагаемого узла или механизма. Следует указать ее основные преимущества и отметить, какие недостатки машин-аналогов она устраняет.

В разделе **«Обоснование параметров разработанного узла или механизма модернизируемой машины»** рассматриваются следующие вопросы:

– расчет конструктивных (кинематических) параметров разрабатываемого узла или механизма;

– расчет соединений, механических передач, валов, подшипников и муфт, входящих в состав разрабатываемого узла или механизма;

– расчет энергетических параметров модернизируемой машины.

В подразделе *«Расчет конструктивных (кинематических) параметров разрабатываемого узла или механизма»* необходимо обосновать геометрические параметры проектируемых деталей, узлов и механизмов, а также произвести обоснованный выбор материала, из которого будут изготавливаться детали.

В подразделе *«Расчет соединений, механических передач, валов, подшипников и муфт, входящих в состав разрабатываемого узла или механизма»* в зависимости от вида модернизации необходимо провести расчет соединений, параметров деталей и узлов, механических передач, валов, подшипников и муфт модернизируемой сельскохозяйственной машины (орудия). Также при необходимости провести согласно общепринятым методикам расчеты на прочность, жесткость и др.

В подразделе *«Расчет энергетических параметров модернизируемой машины»* необходимо определить требуемые мощностные параметры модернизируемой машины.

В зависимости от вида модернизации соответствующие разделы могут содержать различные подразделы, которые согласовываются с руководителем курсового проекта.

В разделе **«Заключение»** приводятся краткие итоги проектирования, формулируются основные результаты, выводы.

В разделе **«Список использованных источников»** должны быть даны ссылки на перечисленные источники.

В разделе «**Приложения**» приводятся чертежи, спецификации, а также при необходимости дополнительные материалы иллюстративного, вспомогательного характера и иные проектные документы.

2.2 Методика выполнения инженерных расчетов

2.2.1 Пример расчета клиноременной передачи

Примем следующие исходные данные:

- потребляемая мощность на ведомом шкиве $P_2 = 18,6 \text{ кВт} = 18600 \text{ Вт}$;
- частота вращения ведущего шкива $n_1 = 1615 \text{ мин}^{-1}$;
- частота вращения ведомого шкива $n_2 = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

Схема ременной передачи представлена на рисунке 2.1.

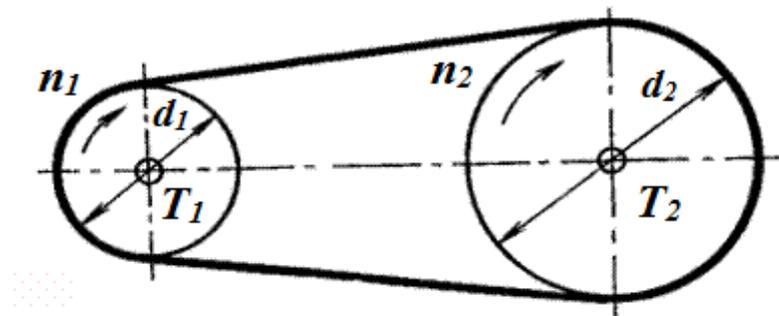


Рисунок 2.1 – Схема ременной передачи

Передаточное число определяется по формуле

$$U = \frac{n_1}{n_2}, \quad (2.1)$$

$$U = \frac{1615}{1000} = 1,61.$$

1. Определяем вращающий момент на валах, Н·м:

– на ведомом:

$$T_2 = 9,55 \frac{P_2}{n_2}, \quad (2.2)$$

$$T_2 = 9,55 \cdot \frac{18600}{1000} = 177,63 \text{ Н·м};$$

– на ведущем:

$$T_1 = \frac{T_2}{U\eta}, \quad (2.3)$$

где $U = 1,61$ – передаточное число;

$\eta = 0,96$ – КПД передачи.

$$T_1 = \frac{177,63}{1,61 \cdot 0,96} = 114,57 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

2. По рекомендациям пособия [18] принимаем сечение ремня B .

3. Определяем диаметр ведущего шкива, мм:

$$d_1 = K_d \sqrt[3]{T_1 \cdot 10^3}, \quad (2.4)$$

где $K_d = 4,4$ – коэффициент для клиноременной передачи.

$$d_1 = 4,4 \sqrt[3]{114,57 \cdot 10^3} = 214 \text{ мм}.$$

4. Определяем диаметр ведомого шкива, мм:

$$d_2 = d_1 U, \quad (2.5)$$

$$d_2 = 214 \cdot 1,61 = 345,6 \text{ мм}.$$

5. Определяем скорость ремня, м/с:

$$V = \frac{\omega d}{2 \cdot 1000}, \quad (2.6)$$

где ω_1 – угловая скорость ведущего вала, рад/с:

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30}.$$

Тогда

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1615}{30} = 169,12 \text{ рад/с},$$

$$V = \frac{169,12 \cdot 214}{2 \cdot 1000} = 18,1 \text{ м/с}.$$

6. Определяем предварительное значение межосевого расстояния, мм:

$$a_{\min} = 0,55(d_1 + d_2) + h, \quad (2.7)$$

где $h = 10,8$ мм – высота сечения ремня, мм.

$$a_{\min} = 0,55(214 + 345,6) + 10,8 = 318,6 \text{ мм.}$$

Учитывая компоновочную схему привода, принимаем минимальное межосевое расстояние $a_{\min} = 780$ мм.

7. Определяем длину ремня:

$$L_p = 2a_{\min} + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a_{\min}}, \quad (2.8)$$

$$L_p = 2 \cdot 780 + \frac{\pi}{2}(214 + 345,6) + \frac{(345,6 - 214)^2}{4 \cdot 780} = 2444,6 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартную длину ремня $L_p = 2500$ мм.

8. Определяем окончательное значение межосевого расстояния, мм:

$$a = 0,25 \left[(L_p - w) + \sqrt{(L_p - w)^2 - 8y} \right]. \quad (2.9)$$

Значения w и y определяются по следующим формулам:

$$w = 0,5\pi(d_1 + d_2), \quad (2.10)$$

$$y = 0,25(d_2 - d_1)^2. \quad (2.11)$$

Тогда

$$w = 0,5\pi(214 + 345,6) = 879,03 \text{ мм,}$$

$$y = 0,25(345,6 - 214)^2 = 4329,6 \text{ мм}^2,$$

$$a = 0,25 \left[(2500 - 879,03) + \sqrt{(2500 - 879,03)^2 - 8 \cdot 4329,6} \right] = 807,8 \text{ мм.}$$

Расчет закончен.

2.2.2 Пример расчета цепной передачи

Примем следующие исходные данные:

- крутящий момент на ведомой звездочке $M = 100000$ Н·мм;
- угловая скорость на ведущем элементе передачи $\omega = 120$ рад/с;
- передаточное число $U = 5$.

Схема цепной передачи представлена на рисунке 2.2.

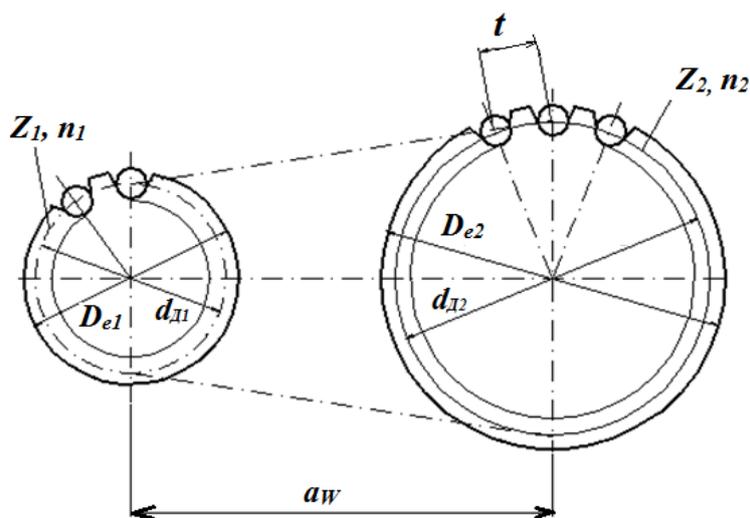


Рисунок 2.2 – Схема цепной передачи

Выбираем приводную роликовую однорядную цепь [18, таблица 7.15]. Число зубьев ведущей звездочки

$$z_1 = 31 - 2U, \quad (2.12)$$

$$z_1 = 31 - 2 \cdot 5 = 21.$$

Число зубьев ведомой звездочки

$$z_2 = z_1 U, \quad (2.13)$$

$$z_2 = 21 \cdot 5 = 105.$$

Тогда фактическое передаточное число

$$U_\phi = \frac{z_2}{z_1}, \quad (2.14)$$

$$U_\phi = \frac{105}{21} = 5.$$

Отклонение

$$\Delta = \frac{U - U_{\phi}}{U} 100 \%, \quad (2.15)$$

$$\Delta = \frac{5 - 5}{5} 100 \% = 0,$$

что допустимо, т. к. отклонение не должно превышать 3 %.

Расчетный коэффициент нагрузки [18, формула (7.38)]

$$K_{\text{э}} = k_{\text{д}} k_{\text{а}} k_{\text{н}} k_{\text{р}} k_{\text{см}} k_{\text{п}}, \quad (2.16)$$

где $k_{\text{д}} = 1$ – динамический коэффициент при спокойной нагрузке;

$k_{\text{а}} = 1$ – коэффициент, учитывающий влияние межосевого расстояния при $a_{\omega} = (25-50)t$;

$k_{\text{н}} = 1$ – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона линии центров к горизонту при автоматическом регулировании натяжения цепи;

$k_{\text{р}} = 1$ – коэффициент, учитывающий способ регулирования натяжения цепи, в данном случае – при автоматическом регулировании;

$k_{\text{см}} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий способ смазки;

$k_{\text{п}} = 1$ – коэффициент, учитывающий периодичность работы передачи, в данном случае – 1 смена.

Тогда

$$K_{\text{э}} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8.$$

Примем крутящий момент ведущей звездочки $T_{\text{вед. зв}} = 20000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$.

Для определения шага цепи нужно знать допускаемое давление $[p]$ в шарнирах цепи. В таблице 7.18 [18] допускаемое давление $[p]$ задано в зависимости от частоты вращения ведущей звездочки и шага t . Поэтому для расчета величину $[p]$ принимают ориентировочно. Ведущая звездочка имеет частоту вращения $n_1 = 1145,916 \text{ мин}^{-1}$. Среднее значение допускаемого давления примем $[p] = 16,416 \text{ МПа}$.

Тогда шаг цепи определим по формуле

$$t \geq 2,83 \sqrt{\frac{T_{\text{вед. зв}} K_{\text{э}}}{Z_1 [p]}}, \quad (2.17)$$

$$t \geq 2,83 \sqrt{\frac{20000 \cdot 0,8}{21 \cdot 16,416}} = 10,1 \text{ мм}.$$

Подбираем [18, таблица 7.15] цепь ПР-12,7–18,2 по ГОСТ 13568–97, имеющую $t = 12,7$ мм, разрушающую нагрузку $Q = 18,2$ кН, массу $q = 0,75$ кг/м, $A_{\text{оп}} = 39,6$ мм².

Скорость цепи

$$V = \frac{21 \cdot 12,7 \cdot 1145,916}{60 \cdot 103} = 5,094 \text{ м/с.}$$

Окружная сила

$$F_t = \frac{T_{\text{вед. зв}} W_{\text{вед. зв}}}{V}, \quad (2.18)$$

$$F_t = \frac{20000 \cdot 120}{5094} = 471,14 \text{ Н.}$$

Давление в шарнире [18, формула (7.39)]

$$p = F_t \frac{K_3}{A_{\text{оп}}}, \quad (2.19)$$

$$p = 471,14 \frac{0,8}{39,6} = 9,51 \text{ МПа.}$$

Допускаемое давление [18, таблица 7.18]

$$[p] = [p'] [1 + 0,01(z_1 - 17)], \quad (2.20)$$

$$[p] = 16,41 [1 + 0,01(21 - 17)] = 17,07 \text{ МПа.}$$

В этой формуле $[p'] = 16,416$ МПа – табличное значение допускаемого давления по таблице 7.18 [18] при $n_1 = 1145,92$ мин⁻¹ и $t = 12,7$ мм.

Условие $p < [p]$ выполнено.

Число звеньев цепи [18, формула (7.36)]

$$L_t = 2a_t + 0,5Z_\varepsilon + \frac{D_2}{a_t}, \quad (2.21)$$

$$a_t = \frac{a_\omega}{t} = 40, \quad (2.22)$$

$$Z_{\varepsilon} = Z_1 + Z_2, \quad (2.23)$$

$$Z_{\varepsilon} = 21 + 105 = 126,$$

$$D_2 = \frac{z_2 - z_1}{2\pi} = \frac{105 - 21}{2 \cdot 3,14} = 13,75.$$

Тогда

$$L_t = 2 \cdot 40 + 0,5 \cdot 126 + \frac{13,75}{40} = 147,46.$$

Округляем до четного числа: $L_t = 148$. Межосевое расстояние цепной передачи [18, формула (7.37)] составит:

$$a_{\omega} = 0,25t \left(L_t - 0,5Z_{\varepsilon} + \sqrt{2(L_t - 0,5Z_{\varepsilon}) - 8D_2} \right), \quad (2.24)$$

$$a_{\omega} = 0,25 \cdot 12,7 \left(148 - 0,5 \cdot 126 + \sqrt{2(148 - 0,5 \cdot 126) - 8 \cdot 13,75} \right) = 511,5 \text{ мм.}$$

Принимаем $a_{\omega} = 512$ мм.

Для свободного провисания цепи предусматриваем возможность уменьшения межосевого расстояния на 0,4 %, т. е. приблизительно на 2 мм.

Определяем диаметры делительных окружностей звездочек по формулам:

$$d_{д1} = \frac{t}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_1}\right)}, \quad (2.25)$$

$$d_{д1} = \frac{12,7}{\sin\left(\frac{180^\circ}{21}\right)} = 85,2 \text{ мм,}$$

$$d_{д2} = \frac{t}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_2}\right)}, \quad (2.26)$$

$$d_{д2} = \frac{12,7}{\sin\left(\frac{180^\circ}{105}\right)} = 424,53 \text{ мм.}$$

Определяем диаметры наружных окружностей звездочек по формулам:

$$D_{e_1} = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z_1} + 0,7 \right) - 0,31d_1, \quad (2.27)$$

$$D_{e_1} = 12,7 \left(\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{21} + 0,7 \right) - 0,31 \cdot 8,51 = 90,5 \text{ мм},$$

$$D_{e_2} = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z_2} + 0,7 \right) - 0,31d_1, \quad (2.28)$$

$$D_{e_2} = 12,7 \left(\operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{105} + 0,7 \right) - 0,31 \cdot 8,51 = 430,5 \text{ мм},$$

где $d_1 = 8,51$ мм – диаметр ролика цепи.

Силы, действующие на цепь:

– окружная: $F_t = 471,14$ Н;

– от центробежных сил:

$$F_V = qV_2 = 0,75 \cdot 5,0942 = 19,46 \text{ Н},$$

где $q = 0,75$ кг/м – масса одного метра цепи [18, таблица 7.15];

– от провисания:

$$F_f = 9,81k_fqa_w, \quad (2.29)$$

где $k_f = 6$ – коэффициент влияния наклона оси центров цепи [18].

$$F_f = 9,81 \cdot 6 \cdot 0,75 \cdot 0,512 = 22,6 \text{ Н}.$$

Расчетная нагрузка на валы

$$F_B = F_t + 2F_f, \quad (2.30)$$

$$F_B = 471,143 + 2 \cdot 22,6 = 516,34 \text{ Н}.$$

Коэффициент запаса прочности цепи [18, формула (7.40)]

$$S = \frac{Q}{F_t K + F_V + F_f},$$

где $K = 1$ – динамический коэффициент, учитывающий изменение нагрузки.

$$S = \frac{18,2 \cdot 103}{471,143 \cdot 1 + 19,462 + 22,602} = 35,46. \quad (2.31)$$

Это больше, чем нормативный коэффициент запаса $[S] = 10,35$ [18, таблица 7.19]; следовательно, условие прочности $S > [S]$ выполнено.

Расчет закончен.

2.2.3 Пример расчета сварного соединения

Примем следующие исходные данные:

- сварное соединение трубы с плитой, выполненное путем обварки по контуру;
- диаметр трубы $d = 160$ мм, катет углового шва $k = 10$ мм;
- на соединение действуют: крутящий момент $T = 15$ кН·м, изгибающий момент $M = 10$ кН·м, растягивающая сила $F = 5$ кН;
- материал трубы: сталь Ст 3 ($\sigma_T = 220$ МПа), сварка ручная электродом марки Э42, нагрузка статическая.

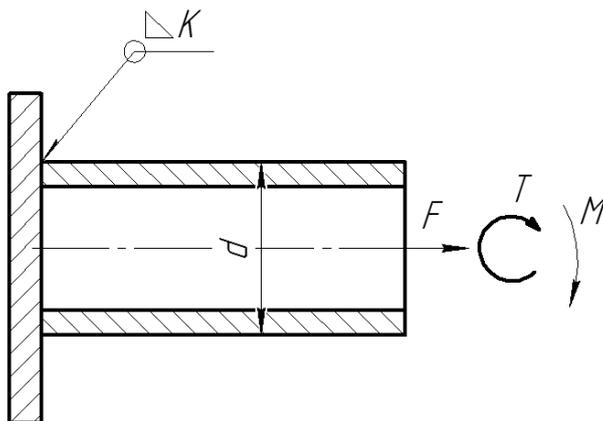


Рисунок 2.3 – Схема таврового соединения трубы с плитой угловым швом

Определяем допускаемые напряжения для основного металла:

$$[\sigma_p] = (0,6-0,8) \sigma_T, \quad (2.32)$$

$$[\sigma_p] = (0,6-0,8) 220 = 132-176 \text{ МПа.}$$

Для дальнейших расчетов принимаем среднее значение для сварного шва $[\sigma_p] = 154$ МПа:

$$[\tau] = 0,6 [\sigma_p], \quad (2.33)$$

$$[\tau] = 0,6 \cdot 154 = 92,4 \text{ МПа.}$$

Находим значения напряжений от действия F , T и M по следующим формулам:

$$\tau_F = \frac{F}{0,7k\pi d^2} = \frac{5 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 10 \cdot 3,14 \cdot 160^2} = 1,42 \text{ МПа},$$

$$\tau_T = \frac{2T}{0,7k\pi d^2} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^6}{0,7 \cdot 10 \cdot 3,14 \cdot 160^2} = 53,3 \text{ МПа},$$

$$\tau_M = \frac{4M}{0,7k\pi d^2} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 10^6}{0,7 \cdot 10 \cdot 3,14 \cdot 160^2} = 71,05 \text{ МПа}.$$

Так как напряжения τ_F , τ_T и τ_M в сечении сварочного шва взаимно перпендикулярны, то суммарное напряжение составит:

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{(\tau_F + \tau_M)^2 + \tau_T^2}, \quad (2.34)$$

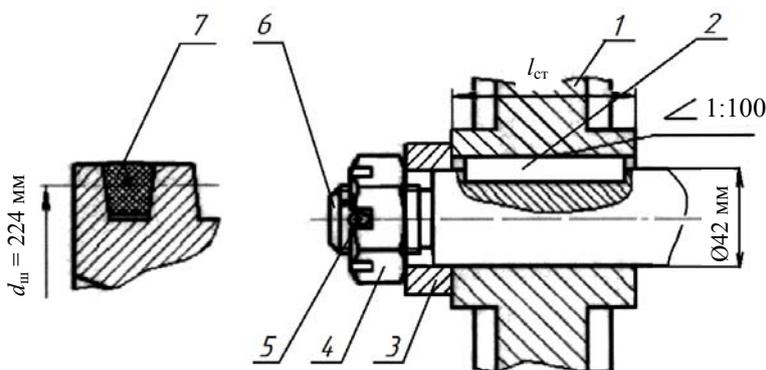
$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{(1,42 + 71,05)^2 + 53,3^2} = 89,96.$$

Полученное суммарное напряжение $\tau_{\Sigma} = 89,96 \leq 92,4$ МПа. Следовательно, условие прочности выполняется и сварное соединение выдержит приложенную нагрузку.

Расчет закончен.

2.2.4 Пример расчета шпоночного соединения

Чугунный шкив диаметром $d_{\text{ш}} = 224$ мм клиноременной передачи соединен с валом диаметром 42 мм с помощью клиновой шпонки (рисунок 2.4). Длина ступицы $l_{\text{ст}} = 70$ мм, окружную силу на шкиве примем равной $F_t = 2,5$ кН. Материал шпонки – сталь Ст 5, вала – сталь Ст 45, шкива – чугун СЧ 15, коэффициент трения $f = 0,17$. Необходимо подобрать размеры шпонки и определить предельный вращающий момент.



1 – шкив; 2 – шпонка клиновая врезная; 3 – втулка распорная;
4 – гайка; 5 – шплинт; 6 – вал; 7 – ремень клиновой

Рисунок 2.4 – Схема шпоночного соединения

1. Определим передаваемый ременной передачей вращающий момент по формуле

$$T = \frac{F_t d_{ш}}{2}, \quad (2.35)$$

$$T = \frac{2500 \cdot 224}{2} = 280000 \text{ Н}\cdot\text{мм} = 280 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

2. По диаметру вала $d = 42$ мм выбираем согласно ГОСТ 24068–80 призматическую клиновую шпонку размерами $b = 12$ мм, $h = 8$ мм. Длину шпонки выбираем на 5 мм меньше ступицы:

$$l = l_{ст} - 5 \text{ мм}, \quad (2.36)$$

$$l = 70 - 5 = 65 \text{ мм}.$$

Принимаем согласно стандарту $l = 63$ мм.

3. Проверяем выбранные размеры шпонки по напряжениям смятия путем определения допускаемого напряжения для наиболее слабого материала деталей, каким является материал ступицы из чугуна СЧ 15, для которого предел прочности $\sigma_B = 320$ МПа. С учетом коэффициента безопасности $S = 1,5\text{--}2,0$ допускаемое напряжение на смятие

$$[\sigma_{см}] = \frac{\sigma_B}{S}, \quad (2.37)$$

$$[\sigma_{см}] = \frac{320}{1,5\text{--}2,0} = 160\text{--}213 \text{ МПа}.$$

При фактической длине шпонки $l = 63$ мм рабочее (действительное) напряжение

$$[\sigma_{см}] = \frac{12T \cdot 10^3}{bl_p(b + 6fd)}, \quad (2.38)$$

$$[\sigma_{см}] = \frac{12 \cdot 280 \cdot 10^3}{12 \cdot 63(12 + 6 \cdot 0,17 \cdot 42)} = 81 \text{ МПа},$$

что меньше допустимого значения $[\sigma_{см}] = 160\text{--}213$ МПа.

Следовательно, выбранное шпоночное соединение соответствует критериям работоспособности и обеспечит передачу вращающего момента через шкив.

Расчет закончен.

2.2.5 Пример расчета фрикционной муфты

Проектирование фрикционной муфты проводят по следующей схеме. После расчета диаметра вала d_B на прочность по ГОСТ 6636–69 выбирают наружный диаметр фрикционных дисков, принимая его $D_H = (3–6)d_B$. Внутренний диаметр дисков D_{BH} выбирают по диаметру вала d_B с учетом ступенчатой конструкции вала (рисунок 2.5).

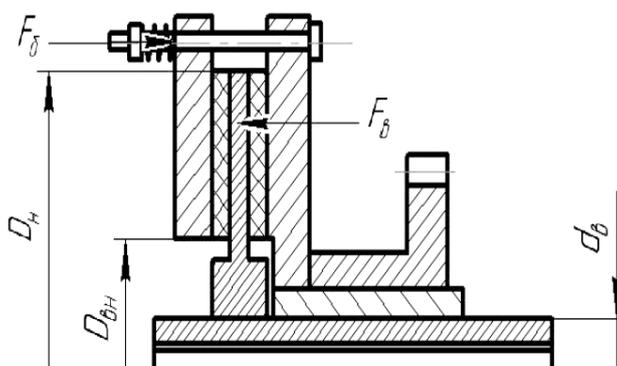


Рисунок 2.5 – Конструктивные размеры предохранительной муфты

Число пар поверхностей трения

$$z = \frac{8M_{\text{пр}} \cdot 10^6}{\pi(D_H^2 - D_{BH}^2)D_{\text{ср}}[p]f_0}, \quad (2.39)$$

где $M_{\text{пр}}$ – момент предохранения, кН·м;

D_H , D_{BH} , $D_{\text{ср}}$ – наружный, внутренний и средний диаметр фрикционных дисков, мм;

$[p]$ – допускаемое давление на трущихся поверхностях, МПа;

f_0 – коэффициент трения покоя материала фрикционного диска, принимаем равным 0,3–0,8.

Рекомендуемые материалы и их механические характеристики приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Механические характеристики фрикционных пар

Материал фрикционной пары	Условия работы	Коэффициент трения покоя f_0	Допускаемое давление на трущихся поверхностях $[p]$, МПа	Рабочая температура, °С
Сталь–сталь	Со смазкой	0,08	0,60–0,80	250
Сталь–бронза		0,05	0,40	150
Сталь–текстолит		0,10	0,50–0,60	100
Сталь–асбест	Без смазки	0,30	0,25–0,30	250
Сталь–металлокерамика		0,80	0,30	550
Сталь–металлокерамика	Со смазкой	0,80	0,30	550

Осевая сила сжатия пружин

$$F_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{пр}}}{f_0 z R}, \quad (2.40)$$

где R – приведенный радиус кольца трения, мм.

Приведенный радиус кольца трения R муфты

$$R = \frac{D_{\text{н}}^3 - D_{\text{вн}}^3}{3(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2)}. \quad (2.41)$$

Диаметр расположения центров гнезд под пружины, мм:

$$D_0 = \frac{D_{\text{н}} + d_{\text{в}}}{2} + (2-4). \quad (2.42)$$

Необходимое количество пружин m можно определить по формуле

$$m = \frac{\pi D_0}{d_{\text{отв}} + \Delta 1_{\text{min}}}, \quad (2.43)$$

где $d_{\text{отв}}$ – диаметр отверстия в муфте, мм;

$\Delta 1_{\text{min}} = 15-25$ мм – конструктивный зазор.

$$d_{\text{отв}} = D_{\text{п}} + 2 \Delta 2_{\text{min}}, \quad (2.44)$$

где $D_{\text{п}}$ – наружный диаметр пружины сжатия дисков фрикционной пары, мм;

$\Delta 2_{\text{min}} = 0,3-0,7$ мм – установочный зазор.

Конструктивные параметры фрикционной муфты при установке пружин представлены на рисунке 2.6.

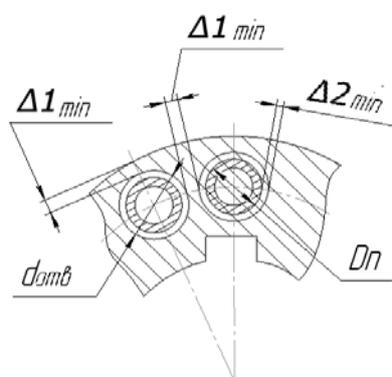


Рисунок 2.6 – Конструктивные параметры фрикционной муфты при установке пружин

Также пружину можно выбрать из справочника, задать число рабочих витков (4–12) и провести расчет как для кулачковой муфты.

Расчет закончен.

2.2.6 Пример расчета пружины сжатия

Для расчета пружины сжатия исходные данные определяются из условий работы: рабочего перемещения h , мм (для фрикционной муфты $h = 0$), наибольшей рабочей нагрузки P_2 , Н, и наружного диаметра D_n , мм.

Основные размеры и характеристики пружины представлены на рисунке 2.7.

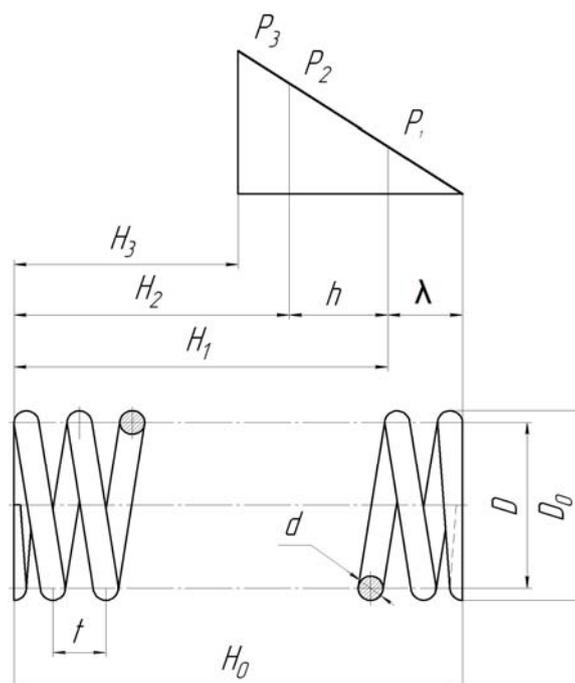


Рисунок 2.7 – Основные размеры и характеристики пружины

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к пружине и режимам нагрузки, выбирают материал и определяют допустимые напряжения кручения $[\tau_k]$, МПа, модуль упругости первого рода E и модуль упругости второго рода (сдвига) G .

Модули G и E связаны следующей зависимостью:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}, \quad (2.45)$$

где ν – коэффициент Пуассона (для стальной проволоки можно принять равным $G = 0,384E$).

Диаметр проволоки определяют из условия прочности по формуле

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{k_\tau P_3 D}{[\tau_k]}}, \quad (2.46)$$

где k_τ – коэффициент, определяемый по следующей зависимости:

$$k_\tau = \frac{4C + 2}{4C - 3}, \quad (2.47)$$

где C – индекс пружины, определяемый как $C = \frac{D_0}{d}$.

Индекс $C = 8-16$ при $d \leq 0,5$, $C = 6-10$ при $d > 0,5$.

Осевую податливость одного витка λ (осадку при действии силы в 1 Н) определяют по формуле

$$\lambda = \frac{8C^3}{Gd}. \quad (2.48)$$

Пружину устанавливают в муфту с предварительной деформацией (сжатием) с усилием P_1 , длина пружины в этом положении определяется по формуле

$$H_1 = H_0 - \lambda_1. \quad (2.49)$$

Длина пружины при действии наибольшей рабочей нагрузки P_2 определяется по формуле

$$H_2 = H_0 - \lambda_2, \quad (2.50)$$

где $\lambda_2 = \lambda_1 + h$.

Если ход пружины задан в виде перемещения подвижных частей муфты, то необходимое число витков

$$H = \frac{h}{\lambda(P_2 - P_1)}. \quad (2.51)$$

Полное число витков

$$n_1 = n + (1,5-2,0). \quad (2.52)$$

Дополнительные 1,5–2,0 витка предназначены для поджатия с целью создания опорных поверхностей пружины.

Шаг пружины t находится в зависимости от наибольшей осадки пружины:

$$t = d + \frac{(1,1-1,2)H_3}{n}. \quad (2.53)$$

Длина проволоки, необходимой для изготовления пружины, определяется по зависимости

$$L \approx 3,2D_0n. \quad (2.54)$$

При этом угол подъема витка ненагруженной пружины α должен составлять не более $6^\circ-9^\circ$.

Расчет закончен.

Список рекомендуемой литературы

Основная

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. Сельскохозяйственные машины. Практикум : учебное пособие / Э. В. Заяц [и др.] ; под редакцией Э. В. Зайца. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 518 с.
3. Заяц, Э. В. Сельскохозяйственные машины : учебник / Э. В. Заяц. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 428 с.
4. Каталог сельскохозяйственной и другой техники, машин и оборудования, производимых в Республике Беларусь / С. К. Карпович [и др.] ; под ред. А. В. Касьянчик. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2018. – 682 с.
5. Клочков, А. В. Устройство сельскохозяйственных машин : учебное пособие / А. В. Клочков, П. М. Новицкий. – Минск : РИПО, 2016. – 431 с.
6. Основы проектирования сельскохозяйственной техники : практикум / В. Б. Попов. – Гомель : ГГТУ, 2015. – 37 с.
7. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах : учебное пособие / под ред. М. А. Новикова. – СПб. : Проспект Наука, 2011. – 208 с.

Дополнительная

8. Ковалев, М. М. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчет) / М. М. Ковалев. – Тверь : ГУПТО, 2002. – 234 с.
9. Халанский, В. М. Сельскохозяйственные машины : учебник / В. М. Халанский, И. В. Горбачев. – М. : КолосС, 2006. – 624 с.
10. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные машины : учебник / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. – М. : КолосС, 2008. – 816 с.
11. Особов, В. И. Механическая технология кормов / В. И. Особов. – М. : Колос, 2009. – 344 с.
12. Долгов, И. А. Уборочные сельскохозяйственные машины. Конструкция, теория, расчет : учебник. – Ростов н/Д : ДГТУ, 2003. – 707 с.
13. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учебное пособие / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 11-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 496 с.
14. Курмаз, Л. В. Детали машин. Проектирование : справочное учебно-методическое пособие / Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. – 2-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 2005. – 309 с.
15. Техническое обеспечение земледелия : учебное пособие / В. Д. Лабодаев [и др.] ; под ред. П. П. Казакевича. – Минск : БГАТУ, 2006. – 383 с.

16. Проектирование механизированных процессов в растениеводстве : нормативно-справочные материалы по курсовому и дипломному проектированию / А. В. Новиков [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2009. – 188 с.

17. Федоренко, В. Ф. Научно-информационное обеспечение инновационного развития в сфере сельского хозяйства / В. Ф. Федоренко. – М. : Росинформагротех, 2011. – 368 с.

18. Детали машин и основы конструирования : методическое пособие по выполнению курсового проекта : в 2 ч / сост.: В. А. Агейчик [и др.]. – 2-е изд., стер. – Минск : БГАТУ, 2009. – Ч. 1. – 196 с.

19. Иванов, М. Н. Детали машин : учебник / М. Н. Иванов ; под ред. В. А. Финогенова. – 6-е изд., перераб. – М. : Высшая школа, 2000. – 383 с.

20. Машины для основной обработки почвы : учебно-методическое пособие к лабораторным (практическим) занятиям / сост.: Н. П. Гурнович [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2009. – 76 с.

21. Техническое обеспечение процессов в растениеводстве. Курсовое и дипломное проектирование : пособие / И. Н. Шило [и др.] ; под ред. И. Н. Шило. – Минск : БГАТУ, 2009. – 392 с.

22. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учебно-методическое пособие / сост.: Т. А. Непарко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2009. – 140 с.

23. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М. : Машиностроение, 1977. – 326 с.

24. Босой, Е. С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е. С. Босой, О. В. Вернеев, И. И. Смирнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1977. – 568 с.

25. Курсовое проектирование деталей машин : учебное пособие / С. А. Чернавский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1988. – 416 с.

26. Попов, В. Б. Практическое руководство к выполнению курсовых работ по специальности 1-36 12 01 для студентов дневной и заочной форм обучения / В. Б. Попов. – Гомель : ГГТУ, 2013. – 37 с.

Приложения

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Форма титульного листа

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ****Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»****Агромеханический факультет
Кафедра моделирования и проектирования**

Пояснительная записка к курсовому проекту

по дисциплине «Проектирование сельскохозяйственной техники»На тему «_____»
_____»

(название темы)

Шифр _____

Студент ____ курса ____ группы

(личная подпись) / _____
(ФИО)

Руководитель

(личная подпись) / _____
(ФИО)

Минск, 20__

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Форма задания на курсовой проект

**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»****АГРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра моделирования и проектирования

Утверждаю
Зав. кафедрой

_____ / _____
(подпись) (инициалы, фамилия)
_____ 20__ г.

**ЗАДАНИЕ
НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Студенту _____
(фамилия, инициалы)

1. Тема курсового проекта: _____

2. Исходные данные к проекту: _____

3. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

Форма задания на курсовой проект
(оборотная сторона задания)

4. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

5. Календарный график работы над проектом:

Наименование раздела, подраздела	Объем работы, %	Дата выполнения	Подпись руководителя

6. Дата выдачи задания « ____ » _____ 20__ г.

7. Защита курсового проекта с « ____ » по « ____ » _____ 20__ г.

Руководитель _____ / _____ /
(подпись) (инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению « ____ » _____ 20__ г.

Студент _____ / _____ /
(подпись) (инициалы, фамилия)

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пример выполнения курсового проекта

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Агромеханический факультет
Кафедра моделирования и проектирования

Пояснительная записка к курсовому проекту
по дисциплине «Проектирование сельскохозяйственной техники»

На тему **«Проектирование режущего аппарата
дисковой полуприцепной косилки КДП-310»**

Шифр 02.13.009.00.000 ПЗ

Студент 4 курса 13пп группы

_____/ Морозов В.В.
(личная подпись) (ФИО)

Руководитель:

_____/ Иванов А.В.
(личная подпись) (ФИО)

Минск, 2021

**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

АГРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра моделирования и проектирования

Утверждаю
Зав. кафедрой, к. п. н., доцент

_____/ Н.Г. Серебрякова
(подпись) (инициалы, фамилия)

2021 г.

**ЗАДАНИЕ
НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Студенту Морозову В.В.

(фамилия, инициалы)

1. Тема курсового проекта: Проектирование режущего аппарата дисковой полу-прицепной косилки КДП-310.
2. Исходные данные к проекту: 1. Косилка дисковая полуприцепная КДП-310 : Руководство по эксплуатации КДП-310.00.00.000 РЭ. – Бобруйск : Бобруйскагромаш, 2007. – 51 с. 2. Особов, В. И. Механическая технология кормов / В. И. Особов. – М. : Колос, 2009. – 344 с. 3. Механико-технологические основы совершенствования косилок для мелиорированных земель и лугопастбищных угодий / Е. И. Мажугин [и др.]. – Горки : БГСХА, 2017. – 247 с.
3. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов): Ведомость проекта. Реферат. Содержание. Введение. 1 Анализ условий эксплуатации дисковой полуприцепной косилки КДП-310. 1.1 Природно-климатические условия эксплуатации. 1.2 Агротехнические требования к использованию машины при возделывании многолетних трав. 1.3 Свойства материала, взаимодействующего с рабочими органами модернизируемой дисковой косилки. 2 Анализ конструкции дисковой полуприцепной косилки КДП-310. 2.1 Устройство и технологический процесс работы. 2.2 Анализ конструкций машин-аналогов. 2.3 Анализ

конструкций рабочих органов роторных косилок. 2.4 Обоснование предлагаемой конструкции рабочих органов роторной косилки КДП-310. 3 Обоснование параметров модернизированного режущего аппарата косилки КДП-310. 3.1 Расчет потребной мощности на привод рабочих органов. 3.2 Прочностной расчет резьбового соединения. 3.3 Прочностной анализ приводного вала косильной головки с помощью прикладной библиотеки АРМ FEM САПР «Компас-3D». Заключение. Список использованных источников. Приложение.

4. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Чертеж общего вида модернизируемой машины – 1 лист формата А1.

Сборочный чертеж разрабатываемого узла – 1 лист формата А1.

Чертежи деталей разрабатываемого узла – 1 лист формата А1.

5. Календарный график работы над проектом:

Наименование раздела, подраздела	Объем работы, %	Дата выполнения	Подпись руководителя
Раздел 1	20		
Раздел 2	20		
Раздел 3	30		
Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части	30		

6. Дата выдачи задания « ____ » _____ 2021 г.

7. Защита курсового проекта с « ____ » по « ____ » _____ 2021 г.

Руководитель _____ / _____ /
(подпись) (инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению « ____ » _____ 2021 г.

Студент _____ / _____ /
(подпись) (инициалы, фамилия)

<i>№ строки</i>	<i>Формат</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол. листов</i>	<i>№ экз.</i>	<i>Примечание</i>
1						
2			<i>Документация</i>			
3						
4	A4	<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Пояснительная записка</i>	39		
5						
6	A1	<i>02.13.009.00.000 В0</i>	<i>Косилка дисковая</i>			
7			<i>полуприцепная КДП-310</i>			
8			<i>Чертеж общего вида</i>	1		
9						
10	A1	<i>02.13.009.06.000 СБ</i>	<i>Брус режущий</i>			
11			<i>Сборочный чертеж</i>	1		
12						
13	A3	<i>02.13.009.06.003</i>	<i>Вал приводной</i>	1		
14	A3	<i>02.13.009.06.008</i>	<i>Держатель</i>	1		
15	A3	<i>02.13.009.06.011</i>	<i>Нож</i>	1		
16	A4	<i>02.13.009.06.012</i>	<i>Болт зажимной</i>	1		
17	A4	<i>02.13.009.06.014</i>	<i>Прижим</i>	1		
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Морозов</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Иванов</i>					1
<i>Н. контр.</i>					<i>БГАТУ, зр. 13пп</i>		
<i>Зав. каф.</i>							
<i>Проектирование режущего аппарата дисковой полуприцепной косилки КДП-310 Ведомость проектной документации</i>							

Реферат

Курсовой проект: 39 с., таблиц 3, рисунков 28, использованных источников 18. Графическая часть – 3 листа формата А1.

Ключевые слова: косилка дисковая полуприцепная, режущий брус, рабочие органы, ножи, плющильные вальцы, проектирование, расчет параметров.

Целью курсового проекта является проектирование рабочих органов, обеспечивающих повышение производительности и снижение эксплуатационных издержек полуприцепной дисковой косилки КДП-310.

В курсовом проекте произведен обзор и анализ существующих схем косилок-плющилок и их рабочих органов. Приведено описание предлагаемой конструкции косильной головки режущего бруса, повышающей производительность и снижение эксплуатационных издержек. Представлены расчеты по обоснованию основных параметров разработанного устройства.

В графической части проекта представлены общий вид полуприцепной дисковой косилки КДП-310, сборочный чертеж режущего бруса и детализовка разработанной косильной головки.

Содержание

Введение	6
1 Анализ условий эксплуатации дисковой полуприцепной косилки КДП-310	7
1.1 Природно-климатические условия эксплуатации	7
1.2 Агротехнические требования к использованию машины при возделывании многолетних трав	8
1.3 Свойства материала, взаимодействующего с рабочими органами модернизируемой дисковой косилки.....	9
2 Анализ конструкции дисковой полуприцепной косилки КДП-310	11
2.1 Устройство и технологический процесс работы	11
2.2 Анализ конструкций машин-аналогов	15
2.3 Анализ конструкций рабочих органов роторных косилок.....	21
2.4 Обоснование предлагаемой конструкции рабочих органов роторной косилки КДП-310.....	25
3 Обоснование параметров модернизированного режущего аппарата косилки КДП-310	29
3.1 Расчет потребной мощности на привод рабочих органов.....	29
3.2 Прочностной расчет резьбового соединения.....	30
3.3 Прочностной анализ приводного вала косильной головки с помощью прикладной библиотеки АРМ FEM САПР «Компас-3D».....	33
Заключение	37
Список использованных источников	38
Спецификации	

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Морозов</i>				<i>Проектирование режущего аппарата дисковой полуприцепной косилки КДП-310 Пояснительная записка</i>			<i>у</i>	<i>к</i>	<i>п</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Иванов</i>								<i>5</i>	
<i>Н. контр.</i>								<i>БГАТУ, зр. 13пп</i>		
<i>Зав. каф.</i>										

Введение

Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве осуществляется путем создания качественно новой материально-технической базы, наиболее рационального использования земельных угодий, техники и трудовых ресурсов. В перспективе это означает переход к крупномасштабному производству продуктов сельского хозяйства. Использование достижений науки и техники для совершенствования сельскохозяйственного производства не только экономическая задача, но и социальная.

Основой вывода агропромышленного производства на общественно необходимые объемы сельскохозяйственной продукции является разработка, производство и введение в хозяйственный оборот техники со значительно более высокими технико-экономическими показателями.

В частности, дисковая полуприцепная косилка КДП-310 отечественного производства, применяемая при заготовке кормов из трав, не всегда обеспечивает достаточную надежность и непрерывность работы. Поэтому целью курсового проекта является разработка и проектирование рабочих органов машины, повышающих производительность ее работы и снижающих эксплуатационные издержки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ условий эксплуатации модернизируемой машины;
- обосновать конструкцию модернизируемой машины;
- обосновать параметры разработанного узла модернизируемой машины;
- разработать конструкторскую документацию.

В ходе выполнения курсового проекта для автоматизированного расчета элементов конструкции и выполнения силового анализа деталей использованы прикладные библиотеки SHAFT 2D, APM FEM, входящие в состав САПР «Компас-3D».

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

1 Анализ условий эксплуатации дисковой полуприцепной косилки КДП-310

1.1 Природно-климатические условия эксплуатации

Характеристики природно-климатических условий, наряду с другими факторами, обуславливают степень ограничений рассматриваемой сельскохозяйственной машины при ее использовании и достижении максимальной эффективности и производительности [1].

Природно-климатические условия характеризуются температурой окружающего воздуха, атмосферным давлением, скоростью и направлением ветра, количеством атмосферных осадков, влажностью и запыленностью воздуха, продолжительностью холодного периода и т. п. Они подразделяются на зоны умеренного, холодного, жаркого и высокогорного климата.

Дисковую полуприцепную косилку КДП-310 планируется эксплуатировать в условиях умеренно-континентального климата при годовом количестве осадков около 500 мм и испаряемости 450–500 мм.

Значения температуры эксплуатации машины должны находиться в пределах от +5 °С до +35 °С при влажности окружающего воздуха не более 85 %. Продолжительность периода вегетации убираемых сельскохозяйственных культур составляет 215–235 дней.

Условия эксплуатации косилки в части состояния поля должны соответствовать следующим требованиям:

– рельеф	равнинный
– уклон поверхности, град., не более	9
– микрорельеф (гребнистость), мм, не более	50
– урожайность растительной массы, т/га, не более	50
– высота отдельных камней и других предметов, выступающих над поверхностью почвы, мм, не более	50
– номинальная годовая наработка, ч, не более	150

					02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1.2 Агротехнические требования к использованию машины при возделывании многолетних трав

Косилка дисковая полуприцепная КДП-310 применяется на этапе уборки и заготовки кормов в рамках агротехники возделывания многолетних трав. При уборке на сено многолетние травы скашивают в фазу бутонизации – цветения, злаковые – в фазу колошения. Заканчивать их уборку следует в начале цветения. Кроме того, в фазу цветения возрастает доля стеблей, уменьшается доля листьев, в то время как в листьях в 2–3 раза больше белка. Больше питательных веществ поступает в цветки, а они сильнее осыпаются при уборке, чем листья. Ближе к цветению растения более склонны к болезням (мучнистая роса, бурая ржавчина), качество корма ухудшается. При запаздывании с первым укосом растения потом хуже отрастают, значительно снижается урожай от второго укоса.

Фазы развития кормовых культур быстро меняются. Поэтому уборку трав на сено следует начинать в оптимальные сроки и заканчивать в течение 8–10 дней. Задержка со сроками уборки ведет к большому недобору наиболее ценных питательных веществ. Травосмеси скашивают не позднее начала цветения преобладающего компонента. Скашивание трав с высоким урожаем зеленой массы лучше проводить в прокос косилками типа КС-2,1, КДП-4, ротационными АС-1, КРН-2,1, КДП-310 и др.

Технология провяливания трав должна обеспечить снижение влажности растений до уровня 45 %–50 %, при которой резко тормозятся биохимические процессы и снижаются потери питательных веществ. Это можно ускорить ворошением массы.

Для ворошения травы в прокосах, ее сгребания в валки, оборачивания и разбрасывания валков следует применять грабли ГВР-630. Ворошение скошенной травы особенно необходимо на высокоурожайных участках, где она ложится неравномерным плотным слоем.

Первое ворошение следует проводить одновременно со скашиванием или сразу после него, благодаря этому масса лучше высушивается, продувается

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

ветром, сушка проходит более равномерно и быстро. Последующее ворошение проводят по мере подсыхания верхних слоев. После этого массу сгребают и досушивают до требуемого уровня в валках без ворошения в зависимости от технологии приготовления (рассыпное, измельченное, прессованное).

Режущий аппарат косилки должен обеспечивать ровный срез, одинаковый по высоте: 6 см для естественных и 8 см для сеяных трав, а для высокостебельных (например, для донника) – 12–14 см. Более высокий срез (8–10 см) рекомендуют в первый год жизни, а также если травостой на следующий год предполагается убирать на семена. На силос высокостебельные культуры скашивают на высоте до 10 см, травы – до 6 см. Отклонение высоты среза от установленной не должно превышать $\pm 0,5$ см. Допускается не более 2 % потерь от повышенного среза и несрезанных растений. Башмаки режущего аппарата не должны заминать срезанную и несрезанную траву.

Общие потери зеленой массы при уборке и транспортировке не должны превышать 3 % [2, 3].

1.3 Свойства материала, взаимодействующего с рабочими органами модернизируемой дисковой косилки

К материалам, взаимодействующим с рабочими органами косилки, относят скашиваемый растительный материал, в частности многолетние травы. Одно из свойств трав – усилие разрыва стеблей [4]. На графике приведена зависимость усилия разрыва стебля от его длины (рисунок 1.1).

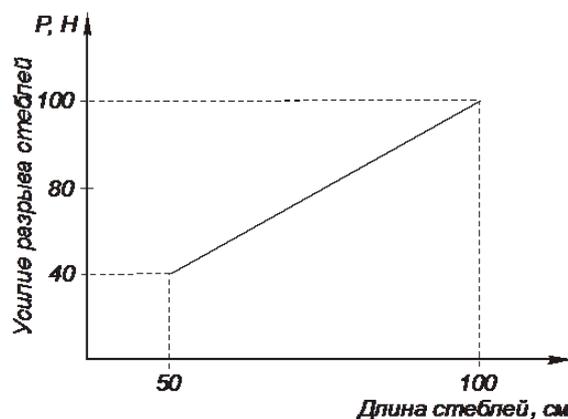


Рисунок 1.1 – График зависимости усилия разрыва стеблей от их длины

						Лист
					02.13.009.00.000 ПЗ	9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В косилках основным материалом рабочих органов является сталь, поэтому необходимый параметр для расчета – коэффициент трения материала о сталь (таблица 1.1) [4].

Таблица 1.1 – Средние значения коэффициентов трения растительных объектов разной влажности по стали

Состояние объектов	Семена	Плоды	Стебли	Листья
Воздушно-сухие (до 15 %)	0,32	0,35	0,37	0,35
Влажные (16 %–50 %)	0,57	0,55	0,64	0,62
Мокрые (больше 50 %)	–	0,67	0,71	1,09

Исходя из показателей коэффициентов трения стеблей можно сделать вывод, что наибольшие энергозатраты и износ происходят при влажности больше 50 %. Из этого следует, что при скашивании и плющении растительной массы посредством косилки дисковой полуприцепной КДП-310 значение коэффициента трения будет составлять 0,71.

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

2 Анализ конструкции дисковой полуприцепной косилки КДП-310

2.1 Устройство и технологический процесс работы

Косилка дисковая полуприцепная КДП-310 предназначена для скашивания естественных и сеяных трав, в т. ч. высокоурожайных и полеглых, с укладкой скошенной массы в прокос или валок в полевых условиях. Косилка изготавливается в трех исполнениях: КДП-310 – косилка с вальцовым плющильным аппаратом; КДП-310-1 – косилка с активатором (кондиционером); КДП-310-2 – косилка без сменных адаптеров [5].

Общий вид дисковой полуприцепной косилки КДП-310 представлен на рисунках 2.1 и 2.2.



Рисунок 2.1 – Косилка дисковая полуприцепная КДП-310 (вид спереди)



Рисунок 2.2 – Косилка дисковая полуприцепная КДП-310 (вид сзади)

Техническая характеристика дисковой полуприцепной косилки КДП-310 представлена в таблице 2.1.

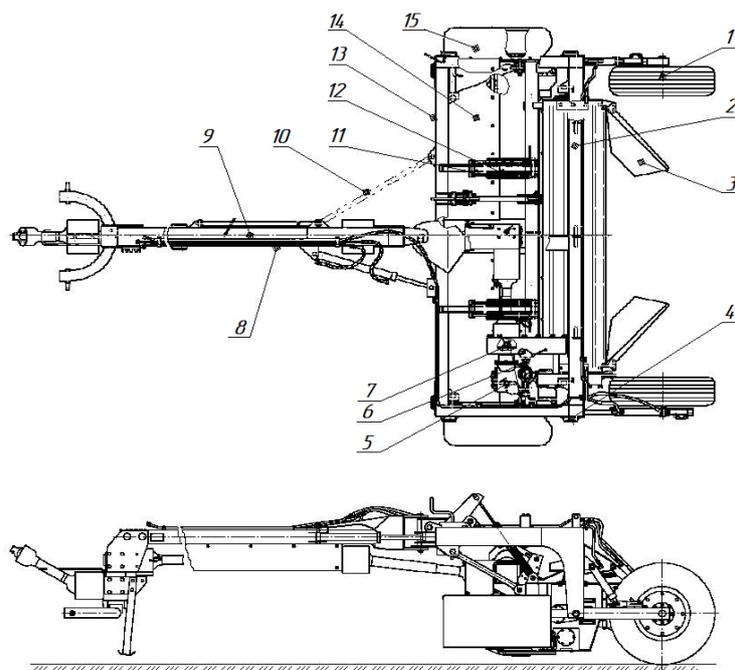
					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>11</i>

Таблица 2.1 – Техническая характеристика косилки дисковой полуприцепной КДП-310

Параметр	Значение
Тип	полуприцепная
Производительность за 1 ч основного времени, га	1,8–3,6
Рабочая скорость, км/ч	6–12
Номинальная ширина захвата, м	3,1 ^{+0,1}
Установочная высота среза, мм	50–100
Количество обслуживающего персонала, чел.	1 (тракторист)
Габаритные размеры в транспортном положении, мм, не более:	
– длина;	6900
– ширина;	5200
– высота	1550
Масса, кг, не более	2100
Дорожный просвет, мм, не менее	300
Транспортная скорость, км/ч, не более	20
Потребляемая мощность от ВОМ трактора, кВт, не более	50
Ежесменное оперативное время технического обслуживания, ч, не более	0,22
Удельная оперативная трудоемкость технического обслуживания, чел.-ч/ч, не более	0,04
Коэффициент надежности технологического процесса, не менее	0,99
Ресурс до списания (при годовой наработке 150 ч), ч, не менее	900
Срок службы, лет, не менее	6

В соответствии с информацией завода-изготовителя [5] и каталогом сборочных единиц и деталей [6] косилка состоит из ходовых колес, вальцового аппарата (КДП-310) или активатора (КДП-310-1), щитков-валкообразователей, светосигнального оборудования, трансмиссии, системы смазки цепей, привода цепного, гидросистемы, дышла, транспортной тяги, режущего бруса с приводом, уравновешивающих пружин с натяжными болтами, привода цепного, трансмиссии, ограждений (рисунок 2.3).

						Лист
					02.13.009.00.000 ПЗ	12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



1 – колесо ходовое; 2 – аппарат вальцовый; 3 – щитки-валкообразователи; 4 – оборудование светосигнальное; 5 – трансмиссия; 6 – система смазки цепей; 7 – привод цепной; 8 – гидросистема; 9 – дышло; 10 – тяги транспортные; 11 – брус режущий с приводом; 12 – пружины уравнивающие; 13 – привод цепной; 14 – рамы; 15 – ограждения

Рисунок 2.3 – Схема косилки дисковой полуприцепной КДП-310

Рама сварной конструкции предназначена для монтажа на ней основных сборочных единиц. Состоит из двух поперечных и двух продольных балок прямоугольного сечения, к которым приварены опоры для установки ходовых колес и пластины для крепления дышла. Рама крепится шарнирно с помощью рычагов, составляющих параллелограмм.

Дышло состоит из балки, к которой приварены кронштейны для установки валов трансмиссии и опорные пластины поворотного редуктора. К нижней части поворотного редуктора шарнирно крепится навеска для подсоединения к трактору.

Брус режущий с приводом состоит из аппарата режущего роторного типа, который крепится к стойкам рамы. Его привод включает в себя редуктор центральный и редуктор конический, выходной вал последнего соединен через сдвоенный шарнир с ведущим валом режущего аппарата.

Аппарат вальцовый предназначен для повреждения кутикулярного слоя растений и укладки его в валок. Состоит из двух вальцов, закрепленных на боковинах на шариковых подшипниках.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	02.13.009.00.000 ПЗ				13

Активатор предназначен для удаления воскового слоя со стеблей скошенной травы и укладки ее в рыхлый, хорошо проветриваемый валок, что ускоряет сушку травы. Состоит из вала с закрепленными шарнирно V-образными бичами с упругими резиновыми вкладышами. На боковинах шарнирно установлена дека, с помощью которой обеспечивается необходимый зазор между бичами активатора и самой декой для прохождения травы.

Щитки-валкообразователи установлены шарнирно на боковинах рамы и предназначены для регулирования ширины валка скошенной массы. Фиксация щитков в заданном положении производится с помощью тяги и рукоятки.

Трансмиссия состоит из карданных передач, обгонной и предохранительной муфт, валов и редукторов и служит для передачи крутящего момента от ВОМ трактора на роторы режущего бруса и на активатор (аппарат вальцовый).

Привод цепной состоит из звездочек и втулочно-роликовых цепей и служит для передачи крутящего момента на активатор (аппарат вальцовый).

Гидросистема состоит из трубопроводов, рукавов высокого давления и гидроцилиндров. Предназначена для подъема косилки при разворотах, а также для перевода машины из транспортного положения в рабочее и обратно.

Технологический процесс работы осуществляется следующим образом. Стебли растений срезаются с помощью пластинчатых ножей, шарнирно установленных на роторах, вращающихся со скоростью 65 м/с навстречу друг другу. Ножи срезают траву по принципу бесподпорного среза, подхватывают ее и выносят из зоны резания, перемещая над режущим брусом. Траектории движения ножей соседних роторов взаимно перекрываются, благодаря чему обеспечивается качественный покос.

Скошенная трава, попадая в зону действия битеров (резиновых вальцов), подвергается дополнительному воздействию, где происходит процесс ломки стеблей, трав, а также стирается из них слой воска. Это облегчает и ускоряет процесс сушки корма на 30 %–40 %.

Обработанная зеленая масса укладывается в покос и освобождает место для прохождения колес трактора при последующем проходе.

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						14
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Конструкция косилочного бруса OPTIDISC обеспечивает требуемое качество среза, отличается высокой износостойкостью и ударопрочностью, а также удобством в использовании. Общий вид косилочного бруса косилки-плющилки KUHN FC 3161 представлен на рисунке 2.5.

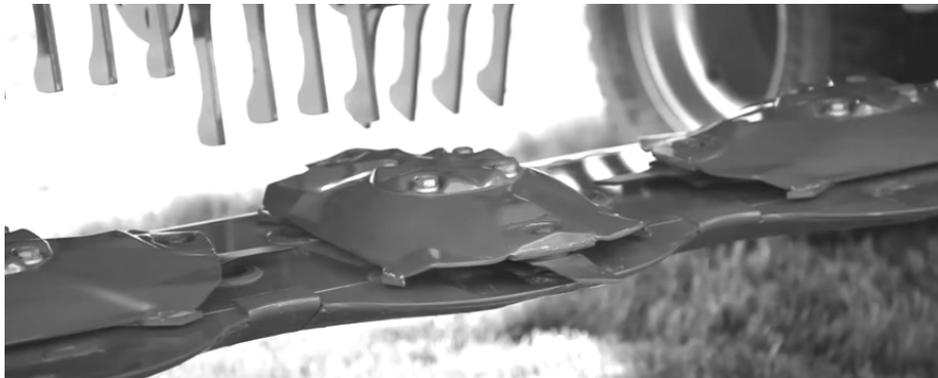


Рисунок 2.5 – Косилочный брус косилки-плющилки KUHN FC 3161

Все косилочные головки оснащены системой быстрой замены ножей FAST-FIT. Мощная пружина обеспечивает постоянное давление на держатель, надежно фиксируя нож. Замена ножей занимает всего несколько минут. Общий вид косилочной головки представлен на рисунке 2.6.

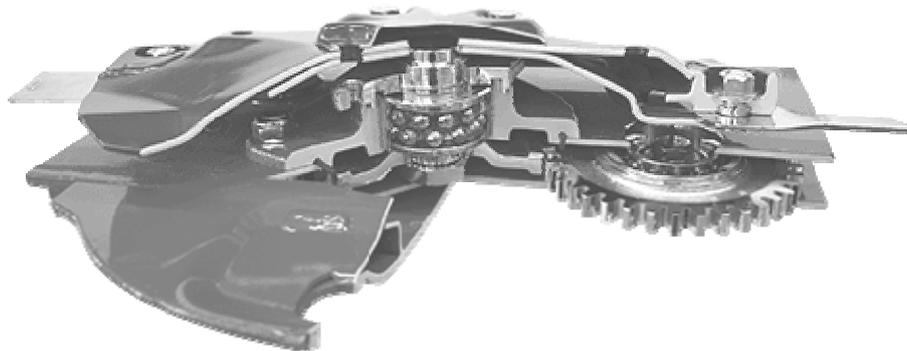
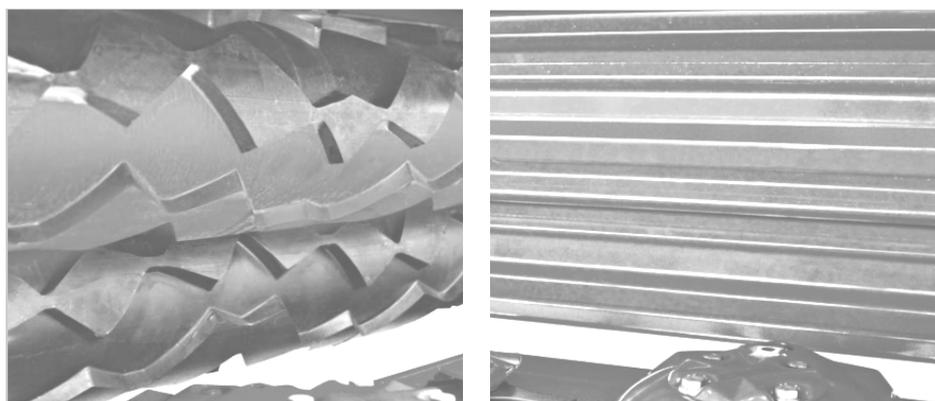


Рисунок 2.6 – Общий вид косилочной головки

Косилки могут оснащаться двумя типами плющильных вальцов: шевронными резиновыми вальцами SQUAREFLEX (рисунок 2.7, а) или стальными DOUBLE CRIMP (рисунок 2.7, б). Давление вальцов на обрабатываемую зеленую массу регулируется в пределах от 100 до 500 кг/м в зависимости от типа культур и желаемой степени интенсивности плющения.

						02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			16

*а**б*

а – резиновые вальцы SQUAREFLEX; *б* – стальные вальцы DOUBLE CRIMP

Рисунок 2.7 – Различное исполнение рабочих органов плющильных вальцов

Вальцы производят равномерный обжим растений, разрушая однородность воскового слоя, что способствует быстрому испарению влаги, обеспечивая сохранение питательной ценности и высоких вкусовых качеств деликатных фуражных культур, таких как бобовые, овес или незрелая рожь.

В косилке возможно применение плющильного аппарата со стальными пальцами DIGIDRY (рисунок 2.8), что обеспечивает однородное и ускоренное подсыхание скошенной массы трав и естественных лугов. Также эта сельскохозяйственная машина может использоваться для работы с тяжелыми, длинными или зрелыми фуражными культурами.

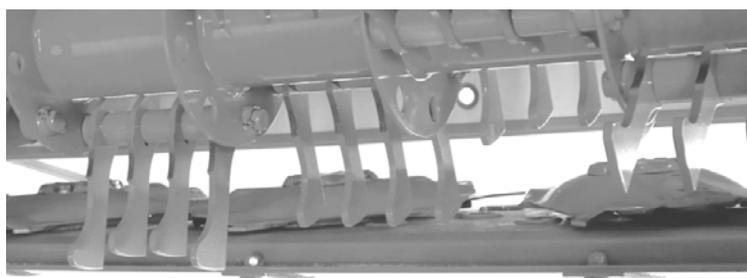


Рисунок 2.8 – Плющильный аппарат со стальными пальцами DIGIDRY

При работе в условиях влажной и налипающей почвы, а также для кошения с увеличенной высотой среза возможна установка регулировочных башмаков, что позволит поднять косилочный брус на высоту до 150 мм. Для защиты рабочих органов (вальцов плющильного аппарата) от перегрузок и выхода из строя используется предохранительное устройство POSIGUARD.

					02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Среди других разработок аналогом является косилка ротационная прицепная Berkut 3200 (ОАО «Ростсельмаш», Россия) [8]. Она предназначена для скашивания и плющения полеглых и высокоурожайных трав (урожайность зеленой массы свыше 50 ц/га) на поступательных скоростях выполнения технологической операции 9–15 км/ч. Косилка с демонтированной плющилкой может использоваться для скашивания трав и укладки в прокос. Машина агрегируется с тракторами тягового класса 1,4. Общий вид косилки представлен на рисунке 2.9.

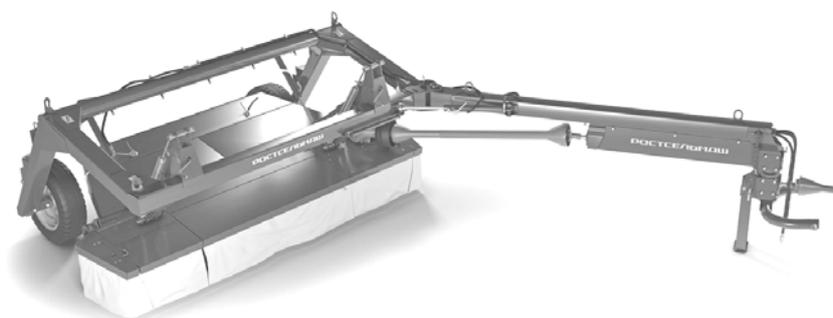


Рисунок 2.9 – Косилка ротационная прицепная Berkut 3200

Рабочие органы ротационной прицепной косилки Berkut 3200 – режущий аппарат дискового типа (рисунок 2.10) и плющильные вальцы, которые состоят из одинаковых резиновых сегментов с шевронным профилем (рисунок 2.11).



Рисунок 2.10 – Режущий аппарат дискового типа ротационной косилки Berkut 3200

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



Рисунок 2.11 – Шевронные вальцы со сменными сегментами

Износ плющильного аппарата косилки обычно происходит в самом нагруженном месте, в центре вальца, поэтому для продления срока его службы достаточно поменять сегменты вальца местами. Даже если элемент полностью вышел из строя, нет необходимости менять весь валец – достаточно заменить изношенный сегмент.

В данной косилке дисковый режущий аппарат снабжен изогнутыми ножами специальной конструкции (рисунок 2.12). Это обеспечивает эффективную подачу скошенной массы непосредственно к плющильным вальцам, что дает возможность получить сено высокого качества, сократить время уборки и энергозатраты трактора.

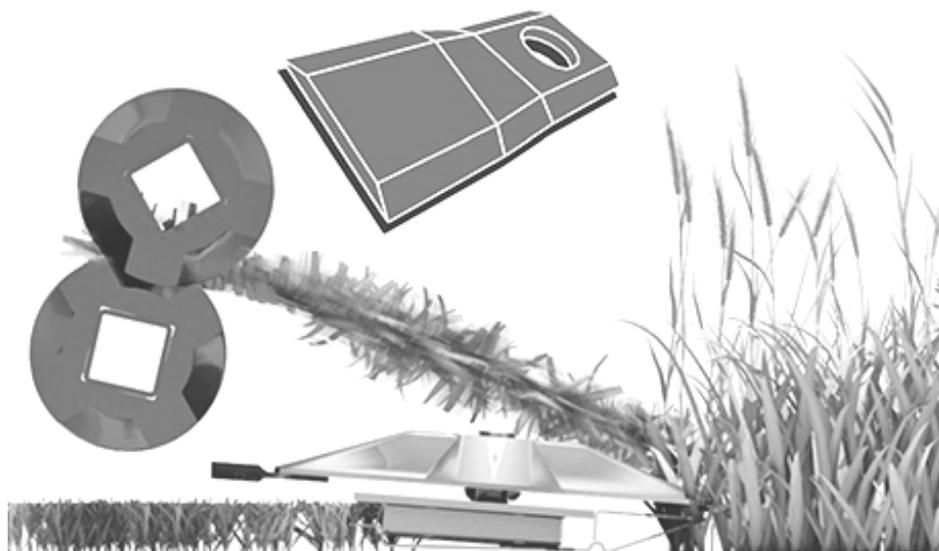


Рисунок 2.12 – Направление движения срезанной травы под воздействием изогнутых ножей режущего аппарата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

02.13.009.00.000 ПЗ

Лист

19

Крепление ножей в косильной головке у различных производителей реализовано по-разному, но направлено на решение задачи, связанной с сокращением времени на техническое обслуживание, – максимально упростить и автоматизировать процесс их замены. Так, в косилках и самоходных комбайнах фирмы KRONE (Германия) применяется специальное устройство QuickChange, работающее на сжатом воздухе. Замена ножей по сравнению с обычным способом при болтовом или быстросъемном их креплении значительно ускоряется, производится легко и удобно с минимальными усилиями. Последовательность процесса замены ножа с применением специального устройства представлена на рисунке 2.13.

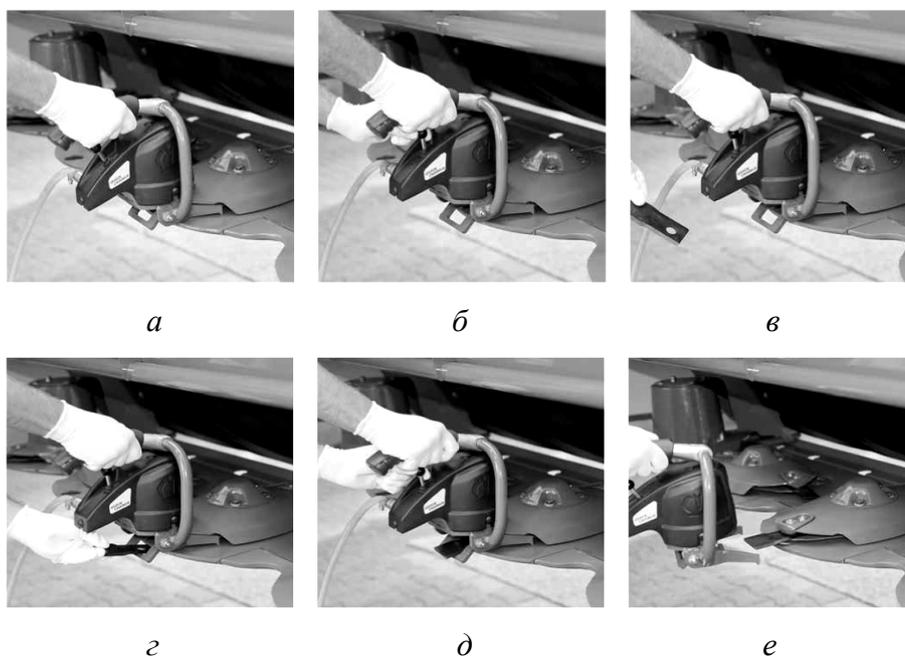


Рисунок 2.13 – Последовательность процесса замены ножа с применением специального устройства QuickChange фирмы KRONE (Германия)

С применением приспособления QuickChange процедура замены или переверота ножей занимает несколько минут и происходит следующим образом:

- а) специальное приспособление QuickChange размещается между ножевым диском с пальцем крепления ножа и расположенным ниже ножедержателем;
- б) при нажатии рычага управления приспособление QuickChange под давлением воздуха смещает ножедержатель вниз, палец крепления ножа освобождается;

в) нож легко, безопасно и быстро удаляется, разворачивается или заменяется;

г) перевернутый или новый нож надевается на палец крепления ножа;

д) при повторном нажатии рычага управления давление воздуха сбрасывается, распорные когти освобождаются, ножедержатель поднимается и фиксирует палец крепления ножа;

е) нож готов к эксплуатации.

Система быстрой замены ножей FAST-FIT входит в стандартную комплектацию косилок KUNN (рисунок 2.14).



Рисунок 2.14 – Система быстрой замены ножей FAST-FIT

Пластина, выполняющая роль пружины, обеспечивает постоянное давление на держатель, надежно фиксируя нож на оси подвеса.

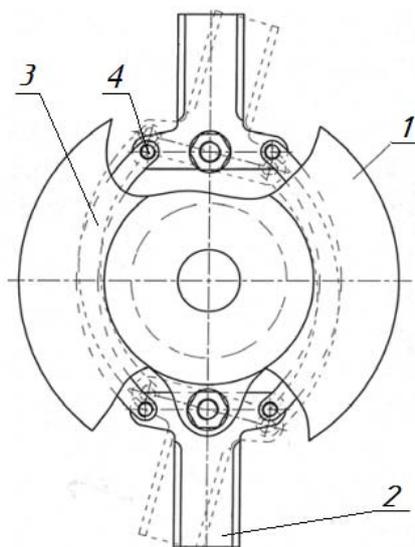
2.3 Анализ конструкций рабочих органов роторных косилок

Проведем анализ конструкций рабочих органов, используя патентный поиск по электронным базам патентных ведомств различных стран [9].

Одним из наиболее эффективных и легкорезализуемых способов усовершенствования режущих аппаратов роторных косилок является оптимизация массы и геометрических параметров ножей, а также увеличение кинетической энергии, передаваемой ножом, за счет удаления центра тяжести ножа от центра отверстия для болта крепления.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	02.13.009.00.000 ПЗ					Лист
										21

На рисунке 2.15 представлена конструкция режущего аппарата, состоящего из вращающихся дисковых роторов с шарнирно закрепленными на каждом двумя пластинчатыми ножами, отличающаяся тем, что пластинчатые ножи на каждом роторе дополнительно соединены между собой жесткими связями, обеспечивающими синхронный поворот ножей [10].



1 – роторы дисковые; 2 – ножи; 3 – связи жесткие; 4 – болты специальные

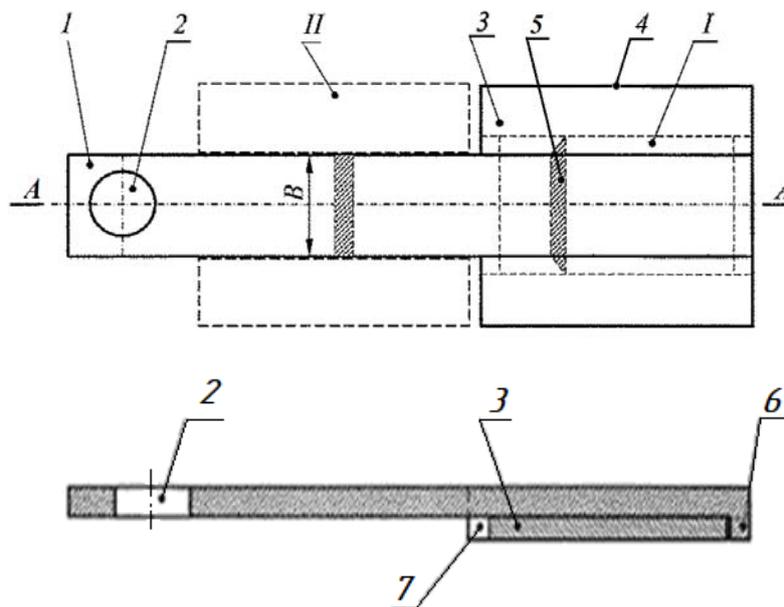
Рисунок 2.15 – Схема режущего аппарата с жестко связанными ножами

Технологический процесс выполняется в следующей последовательности. Дисковые роторы с пластинчатыми ножами с большой частотой вращаются навстречу друг другу, скашивают стебли по принципу бесподпорного среза, перемещают срезанную массу над режущим брусом и выбрасывают ее из зоны резания. При встрече с растительностью нож дискового ротора поворачивается вокруг оси, в то же время соединенный с ним посредством жестких связей второй нож также синхронно поворачивается в противоположную сторону. Следовательно, расстояние между центрами тяжести ножей и осью вращения дискового ротора уменьшится на одинаковую величину. В этом случае разбалансировка дискового ротора и вибрация возникать не будут, что обеспечивает надежную работу режущего аппарата.

					02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Использование предлагаемой конструкции режущего аппарата позволяет исключить возникновение вибрации и разбалансировку дискового ротора и повысить надежность предлагаемой конструкции, но она сложна в реализации и требует больше времени на замену ножей в случае их поломки.

На рисунке 2.16 представлена конструкция ножа роторной косилки, обеспечивающая снижение затрат времени при его смене или переустановке [11].



1 – основание прямоугольное; 2 – отверстие; 3 – накладка режущая;
4 – кромки режущие; 5 – паз продольный; 6 – выступ; 7 – вырез

Рисунок 2.16 – Схема ножа роторной косилки

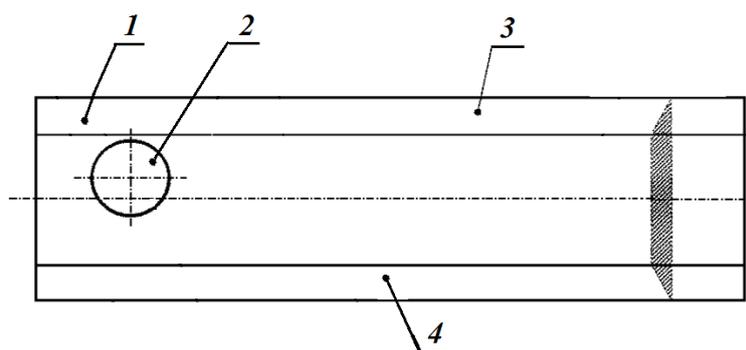
Нож роторной косилки выполнен в виде сборной конструкции, включающей в себя прямоугольное основание 1 с отверстием 2 для болта и режущую накладку 3 с режущими кромками 4 по двум боковым сторонам. Прямоугольное основание 1 в рабочем положении I с режущей накладкой 3 выполнено трапециевидальным в поперечном сечении. Режущая накладка 3 имеет продольный паз 5 такого же трапециевидального поперечного сечения. Прямоугольное основание 1 режущей накладки 3 в положении съема II имеет прямоугольное поперечное сечение и ширину, позволяющую снизу надеть

на нее режущую накладку 3. Это обеспечивается тем, что ширина B прямоугольного основания 1 в месте, имеющем прямоугольное поперечное сечение, меньше ширины C паза 5 в режущей накладке 3 в верхней его части. В торцевых краях режущей накладки 3 имеются вырезы 7, в один из которых входит выступ 6 прямоугольного основания 1 при перемещении режущей накладки 3 в крайнее правое рабочее положение 1.

Преимущество ножа предложенной конструкции заключается в увеличении срока службы рабочего органа, т. к. режущая накладка может быть использована в четырех положениях. При затуплении периферийной части режущей кромки накладка может быть переставлена на нож ротора, вращающегося в противоположную сторону.

Недостатком ножа такой конструкции является то, что при смене или переустановке режущей накладки необходимо снять нож с ротора, вынуть болт и только после этого снять наладку, что требует дополнительных затрат времени.

На рисунке 2.17 представлена конструкция ножа в виде вытянутой стальной пластины с заостренными боковыми режущими кромками, шарнирно крепящейся к ротору через отверстие, выполненное смещенным от продольной оси симметрии к боковой режущей кромке [12].



1 – пластина стальная; 2 – отверстие; 3, 4 – кромки режущие

Рисунок 2.17 – Конструкция ножа роторной косилки

Прикрепленный к ротору и вращающийся вместе с ним нож роторной косилки самоустанавливается под действием центробежных сил в рабочее поло-

жение и, встречая растительность, срезает ее заостренной боковой режущей кромкой 3. Возникающие при этом сила сопротивления, действующая на режущую кромку 3 со стороны растительности, и сила трения режущей кромки 3 о срезаемую растительность создают момент, отклоняющий нож назад против направления вращения. Благодаря смещению отверстия 2 для болта плечо силы трения режущей кромки о срезаемую растительность уменьшается, а плечо центробежной силы, удерживающей нож в рабочем положении, увеличивается. Вследствие этого повышается сопротивление отклонению ножа от рабочего положения и сила воздействия ножа на срезаемую растительность.

Применение ножа роторной косилки со смещенным отверстием для болта позволяет повысить эффективность скашивания растительности за счет стабилизации положения ножа во время работы.

Недостатком такой конструкции ножа являются затраты времени и трудоемкость технического обслуживания при его смене или переустановке.

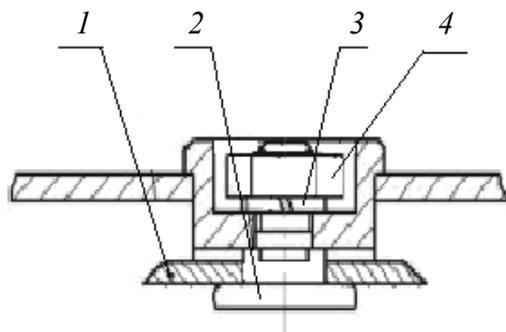
2.4 Обоснование предлагаемой конструкции рабочих органов роторной косилки КДП-310

При работе роторной косилки замена ножей по мере их выхода из строя является достаточно затратной операцией по времени. В руководстве по эксплуатации машины указан следующий алгоритм действий [13]:

- а) в соответствии со схемой (рисунок 2.18) отвернуть гайку 4 крепления ножа, застопорить при этом ротор с помощью борodka, установив его в отверстие на кольцевой части ротора;
- б) вынуть специальный болт 2;
- в) снять вышедший из строя нож 1;
- г) заменить нож и провести сборку в обратном порядке.

При этом следить, чтобы нож свободно вращался, а гайка была надежно затянута. Вся высота гайки должна быть использована.

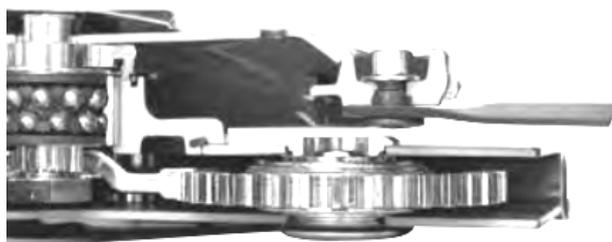
					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25



1 – нож; 2 – болт специальный; 3 – шайба стопорная; 4 – гайка

Рисунок 2.18 – Схема крепления ножа в косильной головке

Для снижения затрат времени и трудоемкости технического обслуживания при смене или переустановке ножей предлагается изменить конструкцию косильной головки и режущего ножа (рисунок 2.19).



a

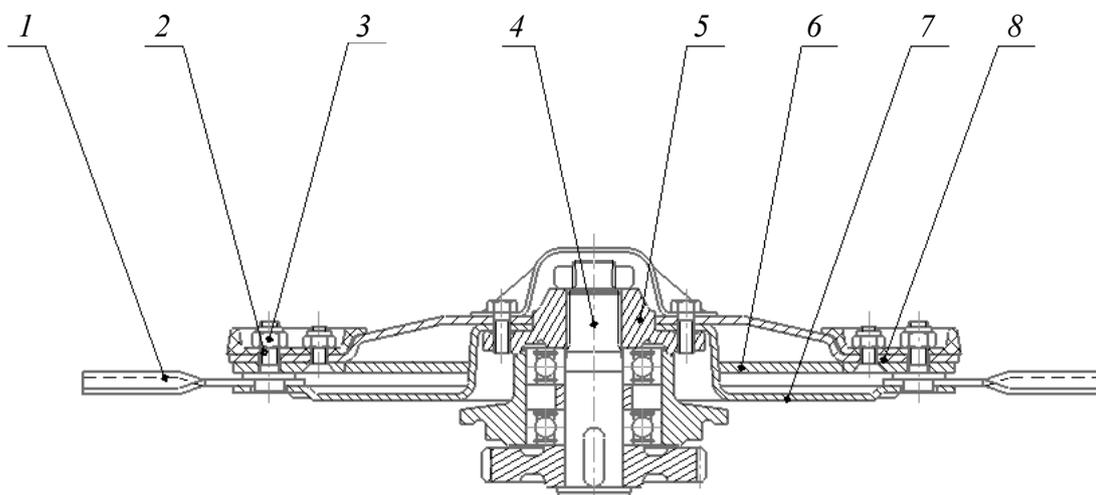


б

Рисунок 2.19 – Примеры крепления режущего ножа косильной головки с помощью болтового (*a*) и быстросъемного (*б*) соединений

Предлагаемая конструкция косильной головки включает в себя приводной вал, фланец, диск, держатель, крышку, нож, зажимной болт и гайку (рисунок 2.20). Быстросъемное крепление ножа осуществляется за счет прижима, обеспечивающего надежное соединение пластины ножа с осью, установленной в отверстии диска.

					02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26



1 – нож; 2 – болт зажимной; 3 – гайка; 4 – вал приводной;
5 – фланец; 6 – диск; 7 – держатель; 8 – крышка

Рисунок 2.20 – Конструкция косильной головки (модернизированная)

Также предлагается изменить конструкцию самого ножа. Применяемый в настоящее время нож представляет собой вытянутую стальную пластину прямоугольной формы с отверстием под болт для шарнирного крепления к ротору (рисунок 2.21). В поперечном сечении – трапецевидный, имеет заостренные боковые режущие кромки, расположенные радиально.

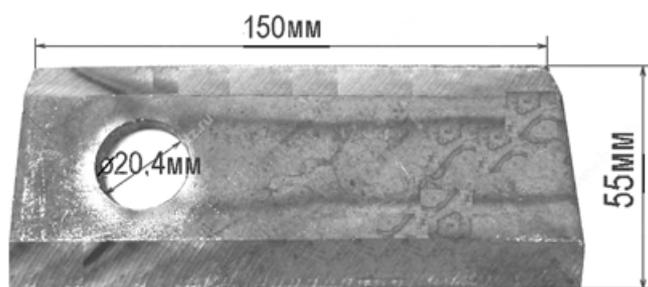


Рисунок 2.21 – Измельчающий нож, применяемый в косилке КДП-310

В новой конструкции ножа его торцевая часть, выполненная в форме дуги окружности, имеет скос (заточку) под углом 35° , как и боковые грани (рисунок 2.22). Это позволяет увеличить длину режущей части и уменьшить нагрузку (касательные напряжения) на угол пластины при срезе стеблей.

					02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

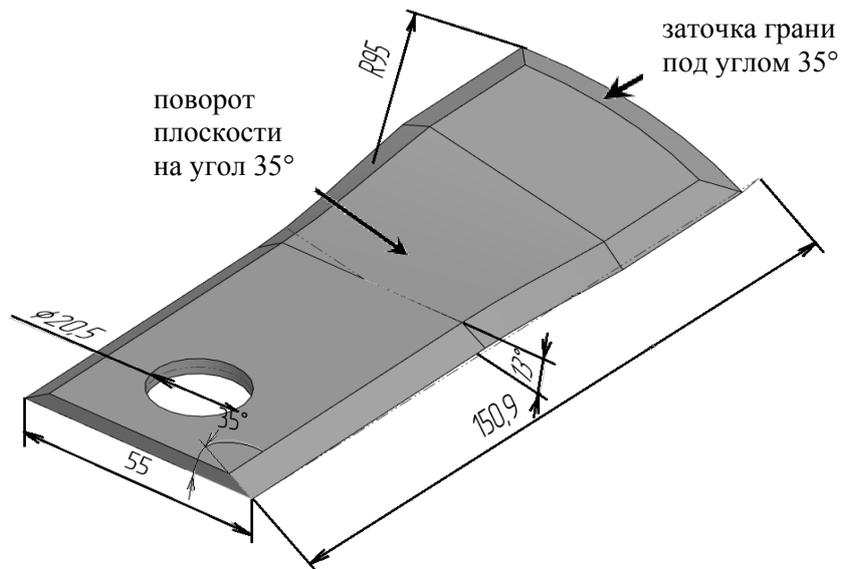


Рисунок 2.22 – Предлагаемая конструкция ножа

При взаимодействии с несрезанной растительностью заостренная внешняя торцевая кромка подрезает ее, что позволяет предотвратить ее трение о растительность и, как следствие, еще большее отклонение ножа от радиального положения.

Поворот рабочей части ножа (плоскости) на угол 13° позволяет направить срезаемую зеленую массу между вальцами плющильного аппарата.

Преимущество предлагаемого ножа состоит в стабилизации его положения во время работы, что улучшит эффективность срезания растительности и повысит производительность косилки.

Конструкция косильной головки и ее основные детали представлены в графической части курсового проекта.

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

3 Обоснование параметров модернизированного режущего аппарата косилки КДП-310

3.1 Расчет потребной мощности на привод рабочих органов

Сила P_c , кН, необходимая для кошения стебля, определяется по эмпирической формуле [14]

$$P_c = a + \frac{b}{V_p^c}, \quad (3.1)$$

где a , b , c – коэффициенты, характеризующие физико-механические свойства материала и геометрию лезвия.

При густоте травостоя 900–1000 шт./м² для бобовых значения коэффициентов составят $a = 0,30$, $b = 1,40$, $c = 1,71$.

$$P_c = 0,30 + \frac{1,4}{45^{1,71}} = 0,32 \text{ кН.}$$

Крутящий момент M , Н·м, на одном режущем диске

$$M = P_c H_p R_1, \quad (3.2)$$

$$M = 0,32 \cdot 10^3 \cdot 0,08 \cdot 0,193 = 4,94 \text{ Н·м.}$$

где $H_p = 80$ мм;

$R_1 = 0,193$ м – расстояние от оси вращения вала до оси установки ножа.

Суммарный момент $M_{\text{сум}}$, Н·м, приведенный к ВОМ:

$$M_{\text{сум}} = KM \frac{n}{n_{\text{ВОМ}}}, \quad (3.3)$$

$$M_{\text{сум}} = 6 \cdot 4,94 \frac{1000}{540} = 62,01 \text{ Н·м.}$$

Мощность привода одного ротора N , кВт:

$$N = 1,36 \frac{\omega M}{75}, \quad (3.4)$$

					02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$N = 1,36 \frac{215 \cdot 4,94}{75} = 3,15 \text{ кВт.}$$

Суммарная мощность привода режущего бруса $N_{\text{сум}}$, кВт:

$$N_{\text{сум}} = NK, \quad (3.5)$$

$$N_{\text{сум}} = 6 \cdot 3,15 = 18,94 \text{ кВт.}$$

Расчет закончен.

3.2 Прочностной расчет резьбового соединения

В конструкции новой косильной головки предусмотрена установка ножа на диске с помощью зажимного болта с резьбой М12, поэтому необходимо проверить на смятие и срез витки резьбы болта и гайки.

При затяжке болта в нем возникает максимальная сила [15]

$$F = \frac{\pi d_1^2 [\sigma_T]}{1,3 \cdot 4}, \quad (3.6)$$

где $d_1 = 10,67$ мм – внутренний диаметр резьбы;

$\sigma_T = 240$ МПа – предел текучести материала болта.

$$F = \frac{3,14 \cdot 10,676 \cdot 240}{1,3 \cdot 4} = 2893 \text{ Н.}$$

Момент затяжки болта, Н·мм, определяется по формуле

$$T_{\text{зат}} = F \frac{d_2}{2} \left[\operatorname{tg}(\psi + \rho_{\text{пр}}) + f \frac{d_m}{d_2} \right], \quad (3.7)$$

где $\rho_{\text{пр}}$ – приведенный угол трения, град.;

$f = 0,15$ – коэффициент трения стали о сталь;

$d_m = 14$ мм – средний диаметр опорной поверхности гайки.

$$\rho_{\text{пр}} = \operatorname{arctg} f_{\text{тр}}, \quad (3.8)$$

					02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

где $f_{тр}$ – коэффициент трения в резьбе:

$$f_1 = \frac{f}{\cos 30^\circ} = \frac{0,15}{0,866} = 0,173.$$

Тогда $\rho_{пр} = \arctg 0,173 = 9,83^\circ = 9^\circ 50'$.

$$T_{зат} = 2893 \frac{7,326}{2} \left[\operatorname{tg}(3^\circ 24' + 9^\circ 50') + 0,15 \frac{14}{7,32} \right] = 1965,5 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Необходимое усилие на ключе при затяжке определяется по формуле

$$F_B = \frac{T_{зат}}{l_1}, \quad (3.9)$$

где l_1 – длина рукоятки стандартного ключа:

$$l_1 = 15d,$$

где d – наружный диаметр резьбы, мм.

$$F_B = \frac{1965,5}{15 \cdot 8} = 65,5 \text{ Н}.$$

Проверим витки болта и гайки на смятие и срез. Среднее усилие смятия в резьбе определим по формуле

$$\sigma_{см} = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_1^2)ZK_M} \leq [\sigma_{см}], \quad (3.10)$$

где Z – число витков по длине свинчивания, шт.;

K_M – коэффициент неравномерности нагрузки по виткам резьбы с учетом пластических деформаций.

$$Z = \frac{H}{P}, \quad (3.11)$$

где $H = 15$ мм – длина свинчивания;

$P = 1,5$ мм – шаг резьбы.

$$Z = \frac{15}{1,5} = 10 \text{ шт.}$$

					02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Согласно ГОСТ 9150–2002 $d_1 = 10,676$ мм, $d_2 = 11,326$ мм, $d = 12$ мм,
 $K_M = 0,56–0,75$, для стали 35 $[\sigma_{см}] = 0,8\sigma_T$, где $\sigma_T = 320$ МПа.

Тогда

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot 48937}{3,14(12^2 - 10,676^2)13,3 \cdot 0,65} = 115 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_{см}] = 0,8 \cdot 320 = 256 \text{ МПа}.$$

Условие $115 \text{ МПа} < 256 \text{ МПа}$ показывает способность резьбового соединения надежно работать на смятие.

Касательные напряжения среза резьбы:

– для болта:

$$\tau_1 = \frac{F}{\pi d_1 H R K_M} \leq [\tau_{ср}], \quad (3.12)$$

где $R = 0,8$ – для метрической резьбы,

$$\tau_1 = \frac{48927}{3,14 \cdot 10,676 \cdot 20 \cdot 0,87 \cdot 0,65} = 75 \text{ МПа};$$

– для гайки:

$$\tau_2 = \frac{F}{\pi d H R K_M} \leq [\tau_{ср}], \quad (3.13)$$

$$\tau_2 = \frac{48927}{3,14 \cdot 12 \cdot 20 \cdot 0,87 \cdot 0,65} = 69 \text{ МПа}.$$

Зажимной болт изготовлен из стали 40Х:

$$[\tau_{ср}] = 0,3\sigma_T = 0,3 \cdot 320 = 96 \text{ МПа},$$

$$\tau_1 < [\tau_{ср}]; \quad \tau_2 < [\tau_{ср}].$$

Тогда $96 \text{ МПа} > 75 \text{ МПа}$, $96 \text{ МПа} > 69 \text{ МПа}$, что указывает на надежность работы соединения.

Расчет закончен.

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

3.3 Прочностной анализ приводного вала косильной головки с помощью прикладной библиотеки АРМ FEM САПР «Компас-3D»

В настоящее время для решения различных задач механики деформируемого твердого тела, в частности для выполнения экспресс-расчетов на прочность, на этапе 3D-проектирования конструкций широко используется метод конечных элементов (МКЭ), или Finite Element Method (FEM). Суть метода заключается в разбиении твердотельной модели на конечное число подобластей (элементов), составлении и последующем решении системы линейных алгебраических уравнений. Прикладная библиотека АРМ FEM входит в состав САПР «Компас-3D» и предназначена для выполнения экспресс-расчетов твердотельных объектов и визуализации полученных результатов. Также можно сделать вывод о состоянии моделируемого объекта, его работоспособности, целесообразности использования конструкции.

Произведем прочностной расчет и анализ приводного вала косильной головки с помощью библиотеки АРМ FEM, используя методические указания [16, 17]. В качестве нагрузки примем силу, действующую на шпоночное соединение вала с приводной шестерней. В качестве материала для изготовления вала примем сталь 45.

Сгенерируем конечно-элементную сетку из четырех узловых тетраэдров с максимальной стороной элемента 1 мм. Установив крепления посередине вала (зона установка подшипников), приложим распределенную нагрузку $F = 2100$ Н к боковой стенке шпоночного паза (рисунок 3.1).

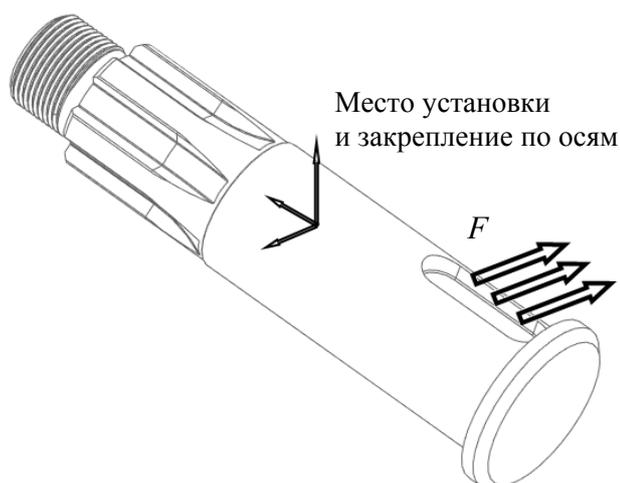


Рисунок 3.1 – Схема нагружения и закрепления приводного вала

						02.13.009.00.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			33

Произведя статический расчет, получим карты напряжений, линейного перемещения и запаса по текучести (представлены на рисунках 3.2–3.4 соответственно).

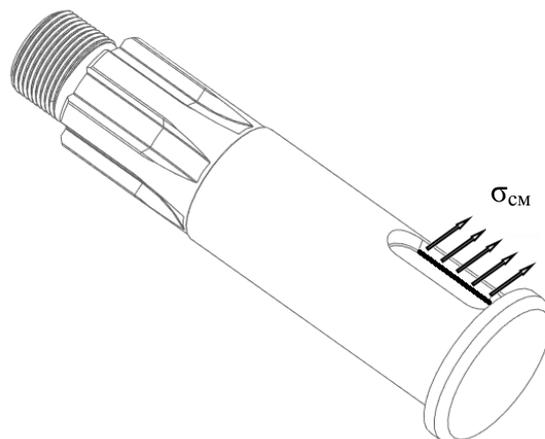


Рисунок 3.2 – Приводной вал с областью возникновения максимальных напряжений $\sigma_{см}^{max}$

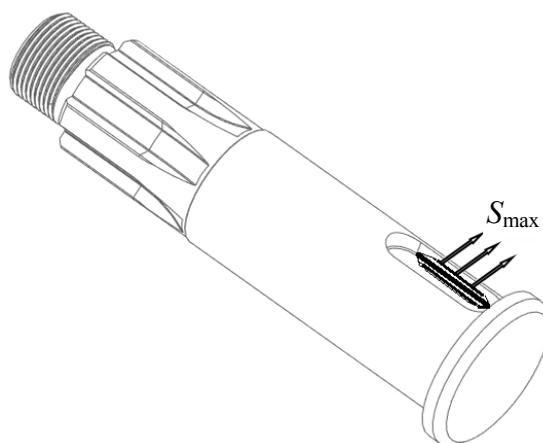


Рисунок 3.3 – Приводной вал с областью возникновения максимальных линейных перемещений S_{max}

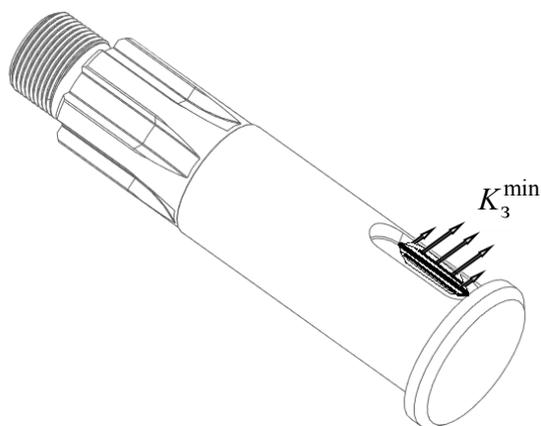


Рисунок 3.4 – Приводной вал с областью минимального коэффициента запаса по текучести K_3^{min}

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

Результаты компьютерного инженерного анализа показали, что максимальные возникающие напряжения $\sigma_{\text{см}}^{\text{max}} = 50,34$ МПа, что не превышает предел прочности стали 45, равный 280 МПа. Суммарное линейное перемещение в зоне шпоночного паза незначительно ($S_{\text{max}} = 0,034$ мм), и им можно пренебречь, а минимальный коэффициент запаса по текучести больше допустимого значения ($K_3^{\text{min}} = 8,1 > 1,5$). Следовательно, данное шпоночное соединение выдержит нагрузки при заданных условиях.

Выполним проверочный расчет шлицевого соединения. На приводном валу косильной головки посредством шлицевого соединения установлен фланец, на который с помощью зажимных болтов крепятся рабочие органы – ножи 1 (см. рисунок 2.20). Проведем проверочный расчет этого соединения. Конструктивные параметры представлены на рисунке 3.5.

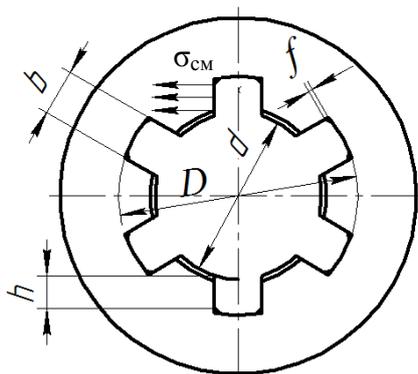


Рисунок 3.5 – Конструктивные параметры шлицевого соединения

Примем следующие начальные условия. Соединение передает вращающий момент $T = 210$ Н·м. Условия эксплуатации средние, режим работы тяжелый. Диаметр вала $d = 45$ мм, материал вала и фланца – сталь 45, термическая обработка – улучшение, твердость $H = 290$ В. Расчеты выполним по методике, изложенной в пособии [18].

Примем наиболее распространенное прямобоочное соединение с центрированием по наружному диаметру. Параметры зубьев шлицевого соединения $6 \times 28 \times 34h7 \times 7h9$: $D = 34$ мм, $d = 28$ мм, количество зубьев $z = 6$.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	02.13.009.00.000 ПЗ				35

Средний диаметр d_{cp} и рабочую высоту зуба h определим по следующим формулам:

$$d_{cp} = 0,5(D + d) = 0,5(34 + 28) = 31 \text{ мм},$$

$$h = 0,5(D - d) - 2f = 0,5(34 - 28) - 2 \cdot 0,4 = 2,2 \text{ мм},$$

где f – размер фаски шлицев.

Для данного типа соединения при средних условиях эксплуатации, тяжелом режиме работы и твердости материала вала $H < 350$ НВ принимаем допустимое напряжение смятия $[\sigma_{см}] = 60 \text{ Н/мм}^2$. Расчетная длина зубьев при коэффициенте $K_3 = 1,3$

$$l_p = \frac{2 \cdot 10^3 T K_3}{d_{cp} z h [\sigma_{см}]}, \quad (3.14)$$

где T – расчетный вращающий момент, Н·м;

$K_3 = 1,1-1,5$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между зубьями из-за ошибок изготовления по шагу;

l_{cp} – рабочая длина соединения, мм.

$$l_p = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 210 \cdot 1,3}{31 \cdot 6 \cdot 2,2 \cdot 60} = 22,24.$$

Длину ступицы фланца рассчитаем по формуле

$$l_{ст} = l_p + (4-6) \text{ мм.}$$

$$l_{ст} = l_p + 6 = 22,24 + 6 = 28,24 \text{ мм.}$$

Округлим до ближайшего большего значения из ряда нормальных линейных размеров: $l_{ст} = 30 \text{ мм}$.

Фактическая длина ступицы фланца составляет 35 мм. Это означает, что шлицевое соединение выдержит приложенные нагрузки в принятых условиях эксплуатации.

Расчет закончен.

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Заключение

В курсовом проекте решен комплекс инженерно-технических и технологических вопросов, связанных с проектированием рабочих органов режущего аппарата дисковой полуприцепной косилки КДП-310.

В расчетно-пояснительной записке выполнен анализ условий эксплуатации модернизируемой машины, рассмотрены различные конструкции аналогов, а также проведен патентный поиск и анализ конструкций применяемых рабочих органов.

Обоснована конструкция модернизируемого узла – косильной головки режущего бруса дисковой полуприцепной косилки КДП-310, приведены его описание и принцип действия. Обоснованы параметры разработанного узла, обеспечивающего повышение производительности машины и снижение затрат времени при смене рабочих органов в процессе эксплуатации.

В графической части проекта представлена конструкторская разработка модернизированной косильной головки и новых рабочих органов – ножей.

С применением прикладных библиотек SHAFT 2D, APM FEM, входящих в состав САПР «Компас-3D», выполнен автоматизированный расчет параметров и силовой анализ конструкции шпоночного соединения приводного вала.

Предложенная модернизация рабочих органов позволяет повысить производительность работы и снизить эксплуатационные издержки дисковой полуприцепной косилки КДП-310.

					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>37</i>

Список использованных источников

1. Современные технологии и комплексы машин для заготовки кормов : учебное пособие / Р. А. Булавинцев [и др.] ; под ред. Н. В. Калашниковой. – Орел : ОрелГАУ, 2012. – 209 с.
2. Особов, В. И. Механическая технология кормов / В. И. Особов. – М. : Колос, 2009. – 344 с.
3. Оптимизация структуры многолетних трав как фактор стабилизации производства кормов и растительного белка / Ф. И. Привалов [и др.] // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 9–10 июня 2016 г. – Минск : БГАТУ, 2016. – С. 33–42.
4. Механико-технологические свойства сельскохозяйственных материалов / Г. А. Хайлис [и др.]. – Луцк : ЛГТУ, 1998. – 268 с.
5. Косилка дисковая полуприцепная КДП-310 [Электронный ресурс] / Бобруйскагромаш. – Режим доступа: https://bobruiskagromach.com/catalog/harvesting_equipment/kdp_310/. – Дата доступа: 06.05.2021.
6. Каталог сборочных единиц и деталей на косилку дисковую полуприцепную КДП-310 [Электронный ресурс] / Белрусагротехника. – Режим доступа: http://www.belrusagro.com/images/demo_course/Каталог%20деталей%20КДП-310.pdf. – Дата доступа: 07.05.2021.
7. Косилка-плющилка с центральным креплением дышла FC 3161 [Электронный ресурс] / KUHN | Сельскохозяйственная техника. – Режим доступа: <https://www.kuhn.com/en/hay-forage/mowers/disc-mower-conditioners/trailed-centre-pivot-mower-conditioners/fc-1061-tc>. – Дата доступа: 15.05.2021.
8. Косилка ротационная прицепная Berkut 3200 [Электронный ресурс] / Сельхозтехника Ростсельмаш. – Режим доступа: https://rostselmash.com/products/forage_equipment/Berkut_3200/. – Дата доступа: 30.06.2021.
9. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр интеллектуальной собственности. – Режим доступа: <https://ncip.by>. – Дата доступа: 20.05.2021.

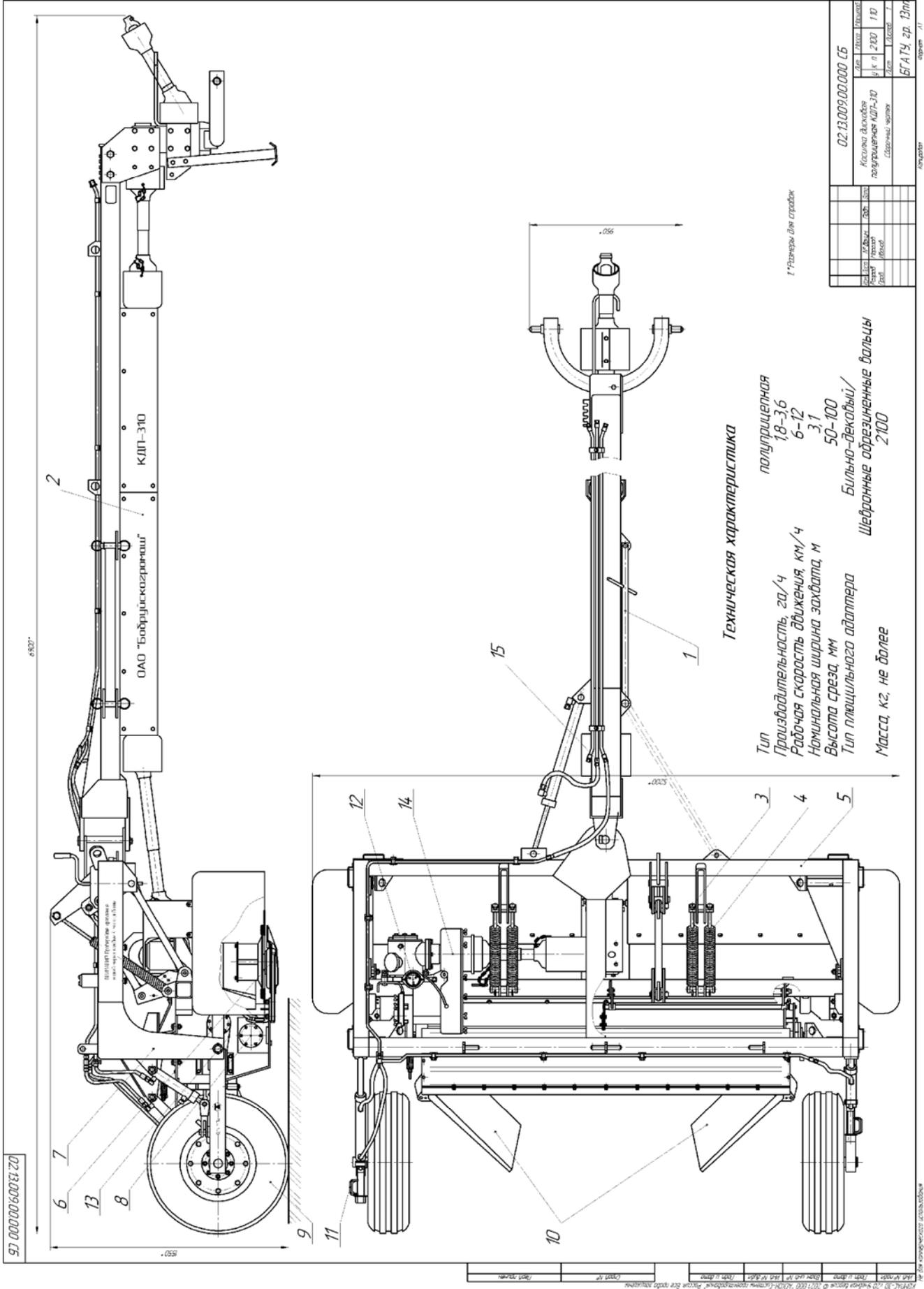
					<i>02.13.009.00.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

Спецификации

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №						<u>Документация</u>				
		A1			02.13.009.00.000 СБ	Сборочный чертеж				
Подл. и дата						<u>Сборочные единицы</u>				
		Б4	1		02.13.009.01.000	Тяга транспортная	2			
		Б4	2		02.13.009.02.000	Дышло	1			
		Б4	3		02.13.009.03.000	Болты натяжные	4			
		Б4	4		02.13.009.04.000	Пружины уравновешивающие	4			
		Б4	5		02.13.009.05.000	Рама	1			
		Б4	6		02.13.009.06.000	Брус режущий	1			
		Б4	7		02.13.009.07.000	Рама навесная	1			
		Б4	8		02.13.009.08.000	Аппарат вальцовый	1			
		Б4	9		02.13.009.09.000	Колесо ходовое	2			
		Б4	10		02.13.009.10.000	Щиток-валкообразователь	2			
		Б4	11		02.13.009.11.000	Светосигнальное оборудование	1			
		Б4	12		02.13.009.12.000	Система смазки цепей	1			
		Б4	13		02.13.009.13.000	Привод цепной	1			
		Б4	14		02.13.009.14.000	Трансмиссия	1			
Б4	15		02.13.009.15.000	Гидравлическая система	1					
Подл. и дата		02.13.009.00.000								
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Инв. № подл.	Разраб.	Морозов			Косилка дисковая полуприцепная КДП-310			Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Иванов						ц/к/п		1
	Н.контр.							БГАТУ, гр. 13пп		
	Утв.									

Копировал

Формат А4



Техническая характеристика

- Тип *полуприцепная*
- Производительность 20/4 *18-36*
- Рабочая скорость движения, км/ч *6-12*
- Начальная ширина захвата, м *31*
- Высота среза, мм *50-100*
- Тип плыщильного адаптера *Бильно-декатовый/*
- Масса, кг, не более *Шеbronные абрезивенные вальцы 2100*

1 *Размеры для справок

02.13.009.00.000.05		Код документа	
Исполнитель	Исполнитель	Дата	Лист
получатель	получатель	2000	1/0
Составитель	Составитель	2000	1/0
Дата	Дата	2000	1/0
Лист	Листов	1	1
БГАТУ, зр. 1300		Листов	

02.13.009.00.000.05

Лист 1 из 1

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Составители:

Авраменко Павел Викторович,
Пунько Андрей Иванович,
Попов Виктор Борисович и др.

Ответственный за выпуск *Н. Г. Серебрякова*

Корректор *Д. А. Значёнок*

Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*

Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 26.04.2022. Формат 60×84¹/₈.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 4,0. Тираж 99 экз. Заказ 3.

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, 99–1, 220023, Минск.