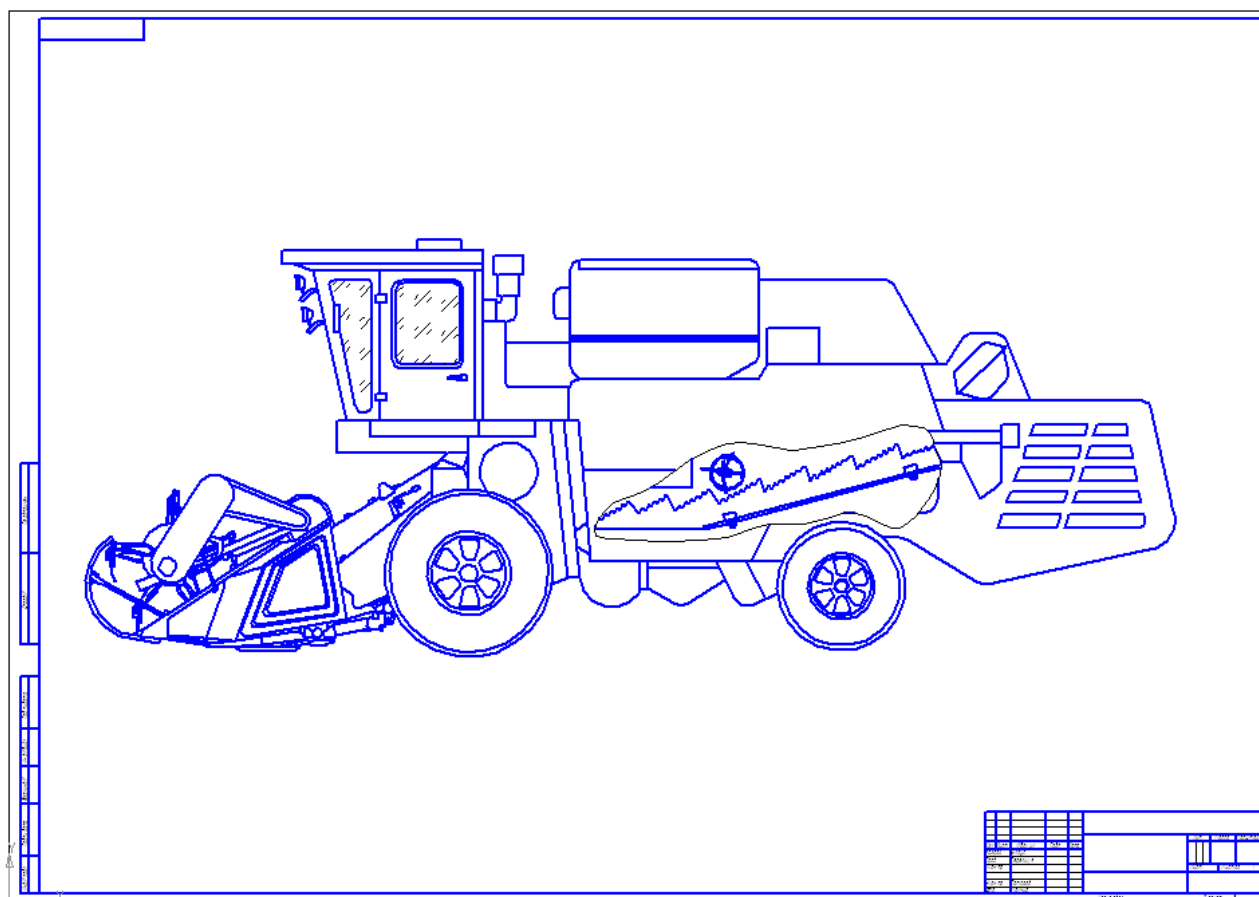


**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ**

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ МАШИНАМ**



Пенза 2025

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ**

**Кафедра «Механизация технологических процессов в АПК»**

**А.Н. Калабушев, Р.Р. Девликамов**

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ МАШИНАМ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов инженерного факультета, обучающихся  
по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Пенза 2025

УДК 631.171  
ББК 40.7  
К 55

Рецензент – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технический сервис машин» Терюшков В.П.

*Печатается по решению методической комиссии инженерного факультета от 03.03.2025 г., протокол № 7.*

Калабушев А.Н., Курсовое проектирование  
К 55 по сельскохозяйственным машинам: учебно-методическое пособие / А.Н. Калабушев, Р.Р. Девликамов – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. – 2025. – 126 с.

Издание разработано в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, утвержденным приказом Минобрнауки России от 23.08.2017 № 813, и учебным планом по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленность (профиль) Технические системы в агробизнесе ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

Рассмотрены вопросы структуры и оформления расчетно-пояснительной записки и чертежей курсового проекта, а также представлены примеры курсового проекта по дисциплине «Сельскохозяйственные машины».

Предназначено для студентов второго курса, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

УДК 631.171  
ББК 40.7

© ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, 2025  
© А.Н. Калабушев,  
Р.Р. Девликамов, 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	5
1.1 Цель, содержание и объем курсового проекта .....	5
1.1.1 Последовательность работы над курсовым проектом .....	7
1.1.2 Характеристика условий работы сельскохозяйственных машин .....	8
1.1.3 Структура курсового проекта .....	13
1.2 Основные требования к оформлению курсового проекта .....	14
1.2.1 Оформление пояснительной записки.....	14
1.2.2 Изложение текста и запись формул .....	15
1.2.3 Оформление иллюстраций и построение таблиц .....	16
1.2.4 Примеры описания сносок из многотомников, книг, монографий .....	20
1.2.5 Оформление графической части и технологической документации.....	21
1.2.5.1 Графическая часть .....	21
1.2.5.2 Основные надписи .....	22
1.2.5.3 Масштабы .....	24
1.2.5.4 Примеры обозначения материалов на чертежах .....	24
1.3 Рекомендуемая литература .....	25
1.3.1 Учебные пособия.....	25
1.3.2 Периодические издания .....	26
2. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ.....	27
2.1 Пример расчета сварного соединения .....	27
2.1.1 Пример проверки прочности стыкового соединения.....	27
2.1.2 Пример проверки прочности угловых швов .....	28
2.1.3 Пример проверки прочности нахлестного соединения .....	29
2.2 Пример расчета болтового соединения .....	30
2.2.1 Пример расчета момента завинчивания .....	30
2.2.2 Пример расчета винтовой стяжки .....	31
2.3 Пример расчета шпоночного соединения .....	32
ЛИТЕРАТУРА .....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	37

## ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития машиностроения характеризуется необходимостью обеспечения конкурентоспособности производимой продукции.

Курсовое проектирование по дисциплине «Сельскохозяйственные машины» направлено на формирование универсальной компетенции:

УК-2: способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений общепрофессиональных компетенций:

ОПК-1: способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин с применением информационно-коммуникационных технологий

ОПК-4: способен обосновывать и реализовывать в профессиональной деятельности современные технологии с использованием приборно-инструментальной базы и использовать основные естественные, биологические и профессиональные понятия, а также методы при решении общепрофессиональных задач.

ОПК-5: готов к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности

Настоящее учебно-методическое пособие призвано привить студентам навыки практического использования знаний в области технологии сельскохозяйственного машиностроения, полученных в процессе обучения в университете, научить их самостоятельно проектировать (модернизировать) существующие сельскохозяйственные машины.

# **1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

## **1.1 Цель, содержание и объем курсового проекта**

Курсовой проект является частью учебного процесса. Цель курсового проекта – закрепление знаний, полученных при изучении специального курса, и применение их к расчету сельскохозяйственных машин. В курсовом проекте рассчитывают преимущественно существующие рабочие органы и узлы машины.

Основная цель курсового проекта – подготовка студента к самостоятельному решению инженерных задач. При выполнении проекта стремятся усовершенствовать рабочие органы и узлы или всю машину, улучшить существующую технологию. В процессе работы студенту приходится решать различные технологические, технические, организационные и технико-экономические задачи.

Темы курсовых проектов даются студентам преподавателем. Если студент ведет научно-исследовательскую работу, внес рационализаторское предложение или получил авторское свидетельство, то тему проекта желательно выбрать так, чтобы можно было рассчитать предложенное усовершенствование машины или ее рабочих органов.

Курсовой проект состоит из чертежей и пояснительной записки, содержание которой зависит от специфики проекта.

Все чертежи должны выполняться в соответствии с требованиями «Единой системы конструкторской документации». Графическая часть курсового проекта должна состоять трех листов размером 594x841 (формат A1). На первом листе вычерчивается общий вид машины. Для сложных машин, например, зерноуборочного комбайна, можно дать технологическую схему. Количество проекции выбирается в зависимости от сложности машины (рабочего органа, узла). На втором листе вычерчивается сборочный чертеж модернизированного узла машины в двух или трех проекциях. На чертежах должны указываться данные, необходимые для изготовления и контроля деталей: размеры, допуски на изготовление, чистота обработки поверхности, марка материала, термическая обработка с обозначением поверхности и твердости, а также технические условия. На третьем листе вычерчиваются детали модернизированного узла.

Если по теме проекта проводились эксперименты, то их результаты следует представить на листе в виде графиков.

Расчетно-пояснительная записка выполняется на листах формата А4 и включает в себя 25...30 страниц машинописного текста. Шрифт текста Time New Roman, 14 пт; интервал 1,5 строки. Поля: слева – 3 см, справа – 1,5 см, сверху – 2 см, снизу – 2,5 см.

Содержание расчетно-пояснительной записки курсовой работы:

Титульный лист

Задание на курсовую работу

Введение

1. Современное состояние вопроса механизации по заданной теме работы.

2. Конструкторская разработка (описание конструкторской разработки, технологические, прочностные и кинематические расчеты модернизируемой машины).

3. Настройка, регулировки модернизируемой машины и техника безопасности при её эксплуатации.

Заключение

Содержание

В записке обязательно надо помещать расчетные схемы деталей или механизмов с принятыми в формулах буквенными обозначениями и численными значениями величин. Все рисунки записки должны быть пронумерованы и снабжены подрисуночными подписями. Принятые буквенные обозначения должны иметь пояснения. Не допускаются одинаковые обозначения различных величин, при выборе буквенных обозначений надо пользоваться соответствующими ГОСТами. В конце записки должен быть помещен список используемой литературы, составлены в такой последовательности: автор, фамилия и инициалы, название книги (статьи, с указанием журнала или сборника), том или часть книги (например, журнала), место издания, издательства, год издания. Расположение литературы – по фамилиям авторов в алфавитном порядке.

При использовании какой-либо формулы, численных значений величин или других материалов в расчетно-пояснительной записке нужно указывать в квадратных скобках соответствующий литературный источник, приводя его порядковый номер по списку.

### 1.1.1 Последовательность работы над курсовым проектом

Получив задание на курсовой проект, студент преступает к изучению материалов, относящихся к данному вопросу. Студент изучает указанную ему литературу, результаты испытания машин в МИС (можно взять в интернете), патентные материалы, а так же чертежи, наблюдает за работой машин и знакомится с достижениями передовиков сельского хозяйства, новаторов производства, изобретателей и рационализаторов.

Выявив недостатки существующих машин или их рабочих органов, студент должен сделать выводы о том, какие улучшения необходимо внести в конструкцию или как нужно по-новому построить технологический процесс с использованием иной технологической схемы машины или принципиально отличающихся рабочих органов. Выводы должны четко отражать цель, достижению которой посвящена работа. Затем составляется примерная технологическая схема машины в соответствии со схемой проводятся технологические расчеты, т.е. расчеты, при помощи которых выбираются основные размеры и режимы рабочих органов и машины в целом. По их результатам необходимо уточнить технологическую схему.

Необходимые рабочие режимы рассчитываются при помощи кинематической схемы машины. При этом следует стремиться к тому, чтобы заданные движения выполнялись более простыми и надежными механизмами. Вычерчивать кинематическую схему необходимо пользуясь условными обозначениями, рекомендованными ГОСТом. Технологические расчеты позволяют так же определить действующие на рабочие органы и детали машины усилия и расчетные нагрузки. Последнее являются базой для прочностных расчетов. Основные размеры рабочих органов и других деталей окончательно определяются после проведения расчетов на прочность. В проекте необходимо провести расчеты двух-трех деталей. При этом желательно выбрать детали рабочего органа или механизма, определяющего размеры и надежность машины. После всех необходимых расчетов корректируют схему машины и ее механизмов и выполняют чертежи.

Студент, участвующий в создании и испытании машины или ее основных узлов и рабочих органов, может продолжить свою работу и развить тему в дипломном проекте. При работе над курсовым проектом рекомендуется пользоваться научно-технической, справочной или учебной литературой.

## 1.1.2 Характеристика условий работы сельскохозяйственных машин

Проектируя сельскохозяйственную машину, следует учитывать внешние по отношению к ней условия, которым она должна удовлетворять.

Большинство сельскохозяйственных машин работают в поле. На качество их работы оказывают воздействие природно-климатические условия.

Машину проектируют с учетом уже накопленного многолетнего опыта. При конструировании необходимо учитывать современное состояние механизации работ по той культуре, для возделывания или уборки которой предназначена машина. Необходимо стремиться к тому, чтобы она была более совершенной, чем существующие.

Студент должен вначале описать условия работы машины:

- 1) дать природно-климатическую характеристику зоны, для которой создается машина;
- 2) охарактеризовать состояние механизации той технологической операции, для выполнения которой проектируется машина, указать достоинства и недостатки существующих средств механизации;
- 3) перечислить агротехнические требования, которым должна удовлетворять проектируемая машина;
- 4) указать, какое место в существующей системе машин должна занимать создаваемая машина, и каковы ее основные параметры, определяемые системой машин.

Почвенно-климатические условия, а следовательно, и возделываемые культуры в нашей стране очень разнообразны. Вся территория разделена на зоны механизации.

Природные условия определяют в основном следующие факторы: почва и климатические условия, рельеф, размеры и конфигурация полей. Эти факторы всегда действуют совместно, например, климат влияет на вид и состояние почвы, на подверженность ее ветровой эрозии, рельеф – на размеры участков и их конфигурацию и др.

Рассмотрим специфические требования, которые предъявляет каждый из факторов конструкции машины.

**Рельеф.** Принята следующая классификация рельефа: равнинно-горизонтальные местности и склоны крутизной до  $1...2^\circ$ ; пологие склоны – до  $2...9^\circ$ ; склоны –  $9...20^\circ$ ; крутые склоны – более  $20^\circ$ .

Для обработки пологих склонов можно применять сельскохо-

зяйственные машины общего назначения при соблюдении определенных условий и при оборудовании машин специальными приспособлениями.

На склонах крутизной в 9-20° могут удовлетворительно работать только специальные тракторы и сельскохозяйственные машины. По профилю склоны делят на прямые, вогнутые, выпуклые и ступенчатые. Прямые и вогнутые склоны обычно имеют большую протяженность при мало изменяющейся крутизне. Поэтому механизация работ на них менее затруднительна, чем на выпуклых и ступенчатых склонах.

Выпускаемая промышленностью сельскохозяйственная техника пригодна для работы на склонах крутизной не более 8...10°. Однако при этом производительность машинно-тракторных агрегатов уменьшается, расход топлива увеличивается, качество работ снижается, а потери урожая при уборке возрастают.

Как уже отмечалось, сельскохозяйственные машины лучше всего работают на ровной поверхности. Если, кроме того, поле имеет правильную конфигурацию, большую длину гона и хорошую систему соединительных дорог, то наибольший эффект можно получить при работе широкозахватных скоростных агрегатов, а также уборочных машин с возможно большей пропускной способностью. Маневренность агрегатов в этих условиях имеет меньшее значение.

Работа плуга на склонах имеет существенные особенности при движении поперек склона и вспашки с оборотом пласта вверх. Плуг поворачивается относительно продольной оси трактора и перемещается боком, вследствие чего появляются огрехи. Глубина пахоты и ширина захвата плуга увеличивается при обороте пласта вверх и уменьшается при обороте пласта вниз. Пласт оборачивается только при определенном отношении его ширины к глубине. Это отношение должно быть большим при большей крутизне склона. При вспашке рыхлой почвы с оборотом вверх по склону она частично сваливается в борозду, а часть сорняков и стерни не заделывается. Чтобы предотвратить осыпание почвы в борозду, рекомендуется применять удлинитель отвала. Наиболее пригодны для работы на склонах, особенно с тяжелыми почвами, плуги с винтовыми отвалами корпусов, а на склонах с легкими почвами – плуги с полувинтовыми отвалами.

Использование предплужников повышает устойчивость плуга на склонах и улучшает качество вспашки.

Для работы на каменистых почвах необходимо иметь на плугах автоматические предохранители, выключающие каждый корпус при наезде на камни.

Глубокое рыхление почвы способствует увеличению ее влагоемкости и, следовательно, уменьшению опасности эрозии. Поэтому для работы лучше использовать плуги с почвоуглубителями. Наиболее эффективны почвоуглубители со стрелчатой лапой, но они имеют большое сопротивление, быстро стираются на тяжелых и каменистых почвах и значительно смешивают почву с подпочвой. Для агрегатов небольшой мощности наиболее пригодны клинообразные рыхлители, рыхлящие почву узкими полосами, что имеет противоэрозионное значение.

При посеве поперек склонов крутизной  $6...7^\circ$  и более сеялки перекашиваются, сошники деформируются, расстояния между ними уменьшаются или увеличиваются. Поэтому, проектируя сеялки для этих условий, необходимо предусматривать конструкции, исключаящие появление перечисленных недостатков. Следует иметь в виду, что навесные сеялки подвергаются перекосу меньше, чем прицепные.

При работе на склонах зерноуборочный комбайн имеет как продольный, так и поперечный наклон, в результате чего нарушается его устойчивость и нормальный ход рабочего процесса. В таких условиях возрастают потери зерна в жатвенном аппарате вследствие сползания срезанной массы в сторону уклона, ухудшается подача массы шнеком. Это приводит к увеличению потерь зерна. Ухудшается работа молотилки, особенно очистки, в связи с нарушением равномерного по ширине машины распределения вороха и зерна, что способствует увеличению потерь обмолоченного зерна соломой. Копна при сбрасывании не редко ложатся на нескошенную часть убираемого поля.

При проектировании комбайна для работы на склонах можно идти двумя путями: а) ставить на него приспособления выравнивающие молотилку; б) создавать рабочие органы, качество работы которых не зависят от их поворотов в пространстве в пределах  $20...30^\circ$ .

**Почва.** Тип, механический состав и состояние почв значительно влияют на работу сельскохозяйственных машин. Сопротивление почвы обработки оценивается удельным сопротивлением, от величины которого зависит нагрузка на рабочие органы.

При изменении влажности почвы сопротивление рабочих органов и машин так же изменяются, а выполнение технологического

процесса многими рабочими органами затрудняются. Например, при переувлажненной почве усложняется ее сепарация в картофелеуборочных машинах, при пересохшей – затрудняется отделение комков почвы от клубней картофеля (вторичная сепарация). В значительной мере от влажности почвы зависит работа почвообрабатывающих машин, особенно плугов. Так, при пересохшей почве образуется глыбистая поверхность пашни, а при очень влажной пласт не рыхлится, отвалы залипают землей, в результате чего увеличится тяговое сопротивление и ухудшается качество работы.

В ряде случаев механический состав почвы и особенности климата приводят к водной и ветровой эрозии.

Ветровая эрозия особенно сильно проявляется в районах с недостаточным влагообеспечением, со значительными колебаниями суточной и годовой температуры, сильными ветрами на незащищенных степных пространствах, с мало связными почвами.

На Южном Урале имеются земли, подверженные эрозии. Здесь ежегодно наблюдаются пыльные бури, которые при отсутствии защиты почв от ветровой эрозии могут нанести непоправимый ущерб сельскохозяйственному производству. Вредное воздействие ветровой эрозии выражается в уносе и сушении почвы, гибели посевов, уничтожении значительных площадей пахотных земель в результате выдувания плодородного слоя. В системе мероприятий по борьбе с ветровой эрозией особое место отводится безотвальной обработке почв орудиями, сохраняющими стерню, а так же проведению посева по стерне с максимально возможным совмещением операций. При этом уменьшается потеря влаги из почвы в период предпосевной обработки и посева. Благодаря уменьшению проходов агрегатов по полю меньше распыляется почва, лучше сохраняется ее структура.

Распространение водной эрозии почв зависит от уклонов местности, скорости стока, характера поверхности стекания (шероховатость, наличие растительности и др.), типа почвы и ее состояния.

Водная эрозия почвы резко усиливается при уничтожении растительности на крутых склонах, вспашки без соблюдения противоэрозийных мероприятий, беспорядочной пастьбе скота и др.

Тяжелые бесструктурные почвы легче подвергаются размывам и смывам, чем легкие, структурные. Меньше склонны к эрозии, богаты органическим веществом и более влагоемкие почвы.

Большие трудности в работе сельскохозяйственных машин воз-

никают вследствие засоренности полей камнями. Камни способствуют к ускоренному износу рабочих органов, частым поломкам и быстрому выводу сельскохозяйственных машин из строя.

Улучшение работы сельскохозяйственной техники на участках, засоренных камнями, может осуществляться либо приспособлением ее к работе в этих условиях, либо очисткой полей от камней.

Например, у плугов на корпуса ставятся предохранители. Последние при встрече с камнями срабатывают, и корпус плуга отклоняется, такая же схема может быть применена в культиваторах.

Очистка полей от камней весьма эффективна, так как поля после нее становятся пригодными для работы обычной техники.

**Размеры и конфигурация полей.** Размеры и конфигурация полей представляют специфические требования устройству рабочих органов, конструкций сельскохозяйственных машин, способу их агрегатирования и к составу агрегата.

Участки небольшой площади имеют обычно неправильную конфигурацию, далеко отстоят друг от друга. Между ними часто не бывает хороших дорог с мостами для проезда техники. При работе агрегат должен несколько раз в смену переводиться из рабочего положения в транспортное и обратно, переезжать с поля на поле. Все это требует, чтобы сельскохозяйственные машины и агрегаты в целом были высокоманевренные, легко и быстро переводились из рабочего положения в транспортное и обратно, имели повышенную прочность. Широкозахватные агрегаты в таких условиях неэффективны.

Сельскохозяйственные машины целесообразно выполнять навесными или полунавесными. Многое зависит от сцепок, при помощи которых составляется агрегат. Сцепки должны позволять быстро присоединять и отсоединять машины, иметь в транспортном положении небольшую ширину, легко переводиться в это положение и из него – в рабочее. Сцепки такого типа включены в новую систему машин. При их конструировании можно идти следующими путями: создавать сцепку, которая легко переводится из рабочего положения в транспортное и обратно с перецепкой (отсоединением и присоединением сельскохозяйственных машин), или сцепку, с которой агрегат переводится в транспортное или рабочее положение без перецепки машин.

**Климатические условия.** От климатических условий в значи-

тельной степени зависит, какие сельскохозяйственные культуры возделываются, в какие сроки и в каких условиях должны проводиться полевые работы. Поэтому наряду с экономическими факторами и с учетом административного районирования климатические условия легли в основу деления страны на зоны механизации.

### **1.1.3 Структура курсового проекта**

#### **Введение**

Во введении сформулировать задачи агропромышленного комплекса страны по производству зерна и овощей. Отразить роль почвообрабатывающих машин в решении поставленных задач. Обосновать необходимость совершенствования сельскохозяйственных машин с учетом возможности их использования в условиях фермерских, арендных и частных хозяйств. Сформулировать цель и задачи проектирования новой машины.

#### **Современное состояние вопроса механизации по заданной теме работы**

Дать характеристику применяемых в настоящее время в сельскохозяйственном производстве сельскохозяйственных машин с указанием марок машин, их заводов изготовителей, характеристик, типа рабочих органов и их основных параметров, энергозатрат на выполнение операций, тип агрегатирования с трактором, марку трактора.

Отразить типичные схемы. Раскрыть недостатки приведенных сельскохозяйственных машин.

Привести существующие конструкции рабочих органов машин, т.е. провести патентный поиск с описанием конструкции принципом работы и выявлением имеющихся недостатков.

#### **Конструкторская разработка**

Включает: описание конструкторской разработки, технологические, прочностные и кинематические расчеты модернизируемой машины.

Конструкторская часть должна быть направлена на инженерное решение по модернизации серийных машин и их сборочных единиц, по разработке и проектированию новых машин, устройств, приспособлений.

Разработки ведутся в направлении усовершенствования существующих машин и механизмов на основе анализа опыта их исполь-

зования и результатов исследований.

В разделе должно быть приведено: обоснование особенностей конструкции предлагаемого варианта, описание работы устройства; технологические расчеты (кинематические расчеты, основных параметров устройства, прочностных параметров для двух-трех основных соединений); прочностные расчеты для элементов, испытывающих нагрузки. Для остальных элементов приводятся необходимые обоснования исходя из условий равнопрочности, обеспечения необходимой жесткости, износоустойчивости.

### **Настройка, регулировки модернизируемой машины и техника безопасности при её эксплуатации**

В разделе разрабатываются мероприятия и предложения по организации безопасной работы принятой технологии, машины, аппарата, а также приведены настройки и регулировки модернизируемой машины.

Раздел также включает анализ состояния охраны труда, противопожарных, санитарных условий на предприятии, содержит необходимые санитарно-гигиенические расчеты, предложения по улучшению охраны труда на предприятии. Мероприятия по улучшению безопасности жизнедеятельности могут быть иллюстрированы. В разделе должны быть изложены правила безопасной эксплуатации наиболее сложных механизмов, оборудования указаны необходимые средства пожаротушения, оказания первой помощи.

Все мероприятия должны быть увязаны с темой курсового проекта и носить конкретный характер.

### **Заключение**

В «Заключении» излагаются основные результаты, полученные в процессе выполнения курсового проекта.

## **1.2 Основные требования к оформлению курсового проекта**

### **1.2.1 Оформление пояснительной записки**

Курсовой проект должен быть выполнен с соблюдением требований ЕСКД. В соответствии с ГОСТом 2.105-79 и ГОСТом 7.32-2001 текст пояснительной записки разделяют на разделы, подразделы, пункты. Каждый раздел записки рекомендуется начинать с нового листа. Разделы должны иметь порядковый номер в пределах всей по-

яснительной записки, обозначенной арабскими цифрами с точкой в конце. Введение и заключение не нумеруется.

Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Например, «2.3» (третий подраздел второго раздела). Пункты нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого подраздела, включенного в раздел. Например, «3.5.2» (второй пункт пятого подраздела третьего раздела).

Наименование разделов записывают в виде заголовков (симметрично тексту) с пропускной буквы шрифта Times New Roman, размер 14.

Наименование подразделов записывают в виде заголовков (с абзаца) строчными буквами (кроме первой прописной), шрифт Times New Roman, размер 14.

В пределах пункта могут быть подпункты. Пункты должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3 и т.д.

### **1.2.2 Изложение текста и запись формул**

Изложение содержания пояснительной записки должно быть кратким и четким. Материал необходимо излагать техническим языком. Не следует производить в тексте сокращения непредусмотренные стандартом. Это относится к единицам измерения. При частом повторении доступны сокращения таких общепринятых названий, как машинно-тракторный парк – МТП, молотильно-сепарирующие устройства – МСУ, причем при первом употреблении дается полное название, а в скобках сокращенное и далее сокращенное.

Условные буквенные обозначения механических, химических, математических и других величин должны быть тождественными во всех разделах записки и соответствовать установленным стандартам.

Если в текстах или таблицах применяются условные знаки и обозначения, то обязательно следует объяснить их.

Значение указанных символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулу, причем каждый символ его размерность пишут с новой строки и в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример:

$$N_1 = A\omega \cdot B\omega^2,$$

где  $A\omega$  – мощность, необходимая для преодоления трения в подшипниках, кВт;

$B\omega^2$  – мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха, кВт.

Все формулы нумеруются арабскими цифрами, номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках. Формула состоит из номера раздела, порядкового номера формулы, разделенных точкой. Допускает нумерация формул в пределах всей пояснительной записки. Все расчеты выполняются в системе СИ.

### 1.2.3 Оформление иллюстраций и построение таблиц

Иллюстрации, сопровождающие пояснительную записку, могут быть в виде диаграмм, графиков, фотографий, чертежей, карт, фотоснимков. Указанный материал выполняется на формате А4.

Если иллюстрация небольшого размера, то на одном листе можно разместить несколько. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту пояснительной записки, так и в конце его или даны в приложении.

Все иллюстрации, если их в документе более одной, нумеруются в пределах текста арабскими цифрами. Номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстраций, разделенных точкой, например, Рисунок 1.1 или Рисунок 1.2.

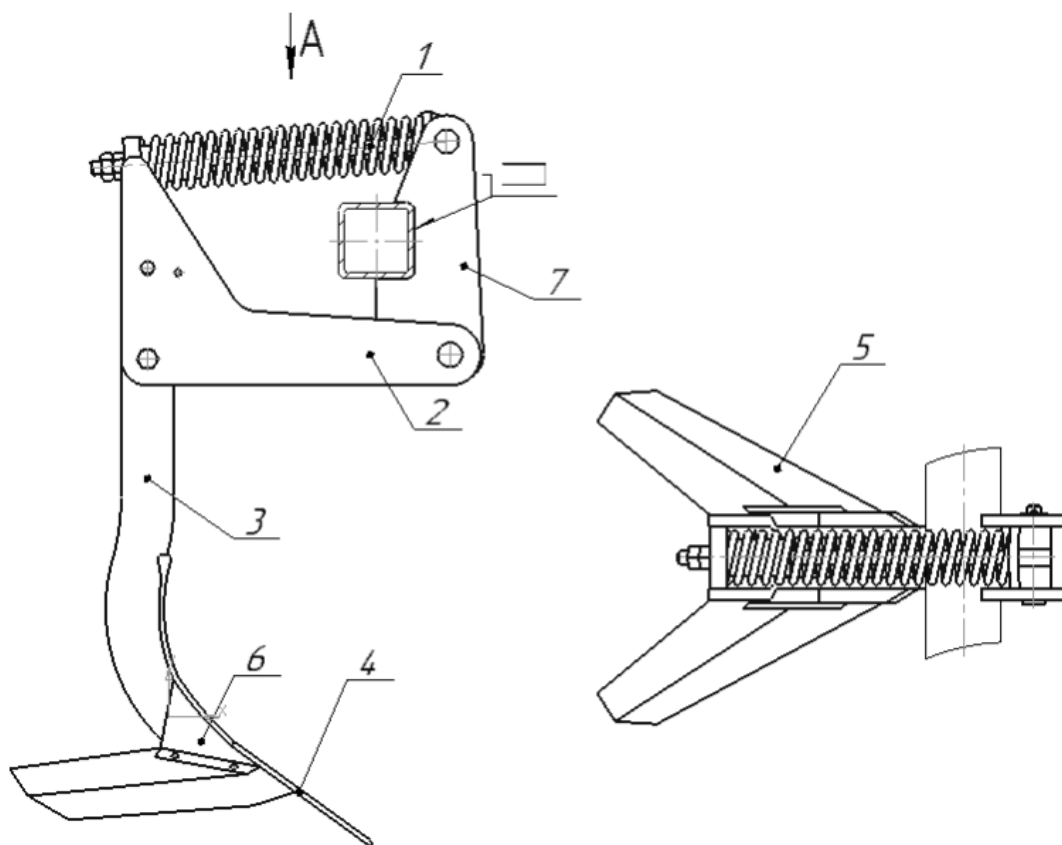
Ссылки на иллюстрации дают по типу «Рисунок 1.1 или Рисунок 1.2». Ссылки на ранее упомянутые иллюстрации дают с сокращенным словом «смотрите», например, «см рис. 3.2».

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и поясняющие данные. Наименование помещают под иллюстрацией, поясняющие данные над наименованием.

Графики могут быть выполнены на миллиметровой бумаге стандартного формата с обязательным нанесением масштабной сетки.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок, который пишется над таблицей посередине. Заголовок и слово «таблица» начинают писать с прописной буквы. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 миллиметров. Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, допускается заменять кавычками, если из двух и бо-

лее слов, то при первом повторении заменяют словами «то же», а далее  
Пример оформления рисунка.



*Рисунок 1 – Схема модернизированного рабочего органа культиватора КШУ-12: 1 – пружина; 2 – рычаг; 3 – стойка; 4 – лапа рыхлительная; 5 – лемех боковой; 6 – кронштейн бокового лемеха; 7 – кронштейн рычага (Пример оформления рисунка)*

кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, символов не допускается.

Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то на ней ставят прочерк. Цифры в графах таблиц, как правило, располагают так, чтобы числа во второй графе были точно одно под другим. Все таблицы нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера, разделенных точкой.

Допускается нумерация таблиц в пределах всей пояснительной записки. При переносе таблиц на другой лист заголовок помещают над первой частью, над последующими частями пишут «продолжение таблицы 2.4» единственная иллюстрация или таблица в записке не нумеруется.

Пример оформления таблицы.

Таблица 1 – Технология возделывания и уборки кукурузы

№	Вид работ	Срок внесения		Марка	Требования к качеству
		Календарный	Агротехнический		
1	Зяблевая вспашка	Конец августа – начало октября	Вслед за уборкой предшественника	ПН–8–35, ПТК–9–35, ПЛН–6–35, ПЛН –5–35	Пласт почвы должен быть перевернут, сорные растения, пожнивные остатки должны быть запаханы на глубину 15 см
2	Лущение стерни	Конец августа – начало сентября	После вспашки	ЛДГ–10 (15, 20), БДТ–7, ППЛ–10–25	Глубина 25–27 см, сорняки и стерни должны быть подрезаны, мелко комковатое рыхление
3	Ране – весеннее боронование	Начало апреля	Физическая спелость почвы	С–11У, С–18А	Разрушение почвенной корки, глубина рыхления слоя почвы 3–4 мм
4	Культивация с боронованием	Апрель	После боронования	КПС–4	Полностью должны быть подрезаны сорняки. Глубина 14 см. Вторично культивируют на глубину 6–8 см
5	Посев	Май	После выравнивания	СУПН–8, СПН–6М	Допускаются семена 1 и 2 класса
6	Боронование до всходов	Через 5–7 дней	Первые дни после посева	Легкие и средние бороны «Зигзаг»	Разрушение почвенной корки
7	Боронование по всходам	После 20 мая	После появления всходов	БЗСС–1	Рыхление почвы и уничтожение сорняков

8	Междурядная обработка	Июнь	В фазу 3–4 листа	КРН–4,2	Обрабатывают 2–3 раза
9	Опрыскивание гербицидами	При появлении сорняков		ПОУ, ОП–1600–2, ОВТ, ОН–400	
10	Уборка	Середина августа	До наступления заморозков	КСК – 100, СК – 170, Е – 281	Комбайны должны срезать растение на высоте 15 см и измельчать их до 20–45 мм

Курсовой проект печатается согласно соответствующему стандарту через два интервала (30 строк на странице), в строке 60...64 знака, включая пробелы и знаки препинания, или в любом текстовом редакторе (например, Microsoft Word) на одной стороне листа белой бумаги формата А4.

Разделы пояснительной записки необходимо начинать с новой страницы. Разделам присваиваются порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами.

Наименования разделов, подразделов и пунктов должны быть краткими и соответствовать содержанию. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят.

В пояснительной записке должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научно-технической литературе.

В курсовом проекте допускаются общепринятые сокращения, допускаемые в основных надписях, технических требованиях и таблицах, на чертежах и в спецификациях по ГОСТ 2.316-68, ГОСТ 7.12-77, ГОСТ 7.11-76.

Эскизы, схемы, графики, иллюстрирующие текст записки, выполняются согласно требованиям ЕСКД полностью карандашом или полностью чернилами или тушью, на основе компьютерной графики, называются рисунками. Рисунки должны поясняться в тексте или подрисуночными надписями, располагаемыми рядом с номерами.

Рисунки следует располагать по ходу текста сразу после ссылки на них.

Цифровые данные по возможности сводятся в таблицы. При наличии нескольких таблиц они нумеруются.

Список литературы, использованной при проектировании, оформляется по ГОСТ Р7.0.100-2018. В списке указывается номер по порядку, фамилия автора, его инициалы, название книги, город, издательство, год издания, номер тома или части, количество страниц.

Ссылки на литературные источники приводятся в тексте в квадратных скобках, например – [12].

#### **1.2.4 Примеры описания сносок из многотомников, книг, монографий**

1. Двухдисковый сошник зерновой сеялки для разноуровневого внесения семян и удобрений. Теория, конструкция, расчет: монография / Н.П. Ларюшин, А.В. Шуков, В.В. Шумаев и др. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – 178 с.

2. Высевающий аппарат зерновой сеялки, желобки секционной катушки которого выполнены в форме части тора. Теория, конструкция, расчет: монография / Н.П. Ларюшин, А.В. Шуков, В.В. Шумаев и др. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – 179 с.

3. Клёнин, Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Клёнин, С.Н. Киселев, А.Г. Левшин. – Москва.: КолосС, 2008. – 816 с.

При описании сносок для статей, взятых из журналов, сначала указывается фамилия и инициалы автора, название работы, название журнала или сборника (для сборников указывается издающая организация), год издания, номер журнала или номер выпуска сборника, страницы, на которых помещена статья.

Пример оформления списка литературы.

1. Калабушев, А.Н. Результаты исследования комбинированного сошника для разноуровневого посева семян зерновых культур и внесения удобрений при взаимодействии с почвой / А.Н. Калабушев // Студенчество России: век XXI: Материалы VI Всероссийской молодежной научно-практической конференции: в 4-х частях. – Орёл, 2019. – С. 285-294.

2. Исаев, Ю.М. Движение семян в высевающем устройстве / Ю.М. Исаев, Н.М. Семашкин, А.И. Кривова, и др. // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 3(1) – С. 27-28.

3. Кушнир, В.Г. Совершенствование стернового сошника / В.Г. Кушнир // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 2. – С. 34-35.

Формулы в расчетах записываются сначала в буквенных обозначениях, затем подставляются численные значения всех величин и дается окончательный результат вычислений. Все формулы исследовательских разделов работы, на которые в тексте пояснительной записки имеются ссылки, должны быть пронумерованы.

## 1.2.5 Оформление графической части и технологической документации

### 1.2.5.1 Графическая часть

Графическая часть курсового проекта состоит из 3 листов формата А1. Распечатывать чертежи необходимо на листах формата А4. Содержание определяется темой курсового проекта.

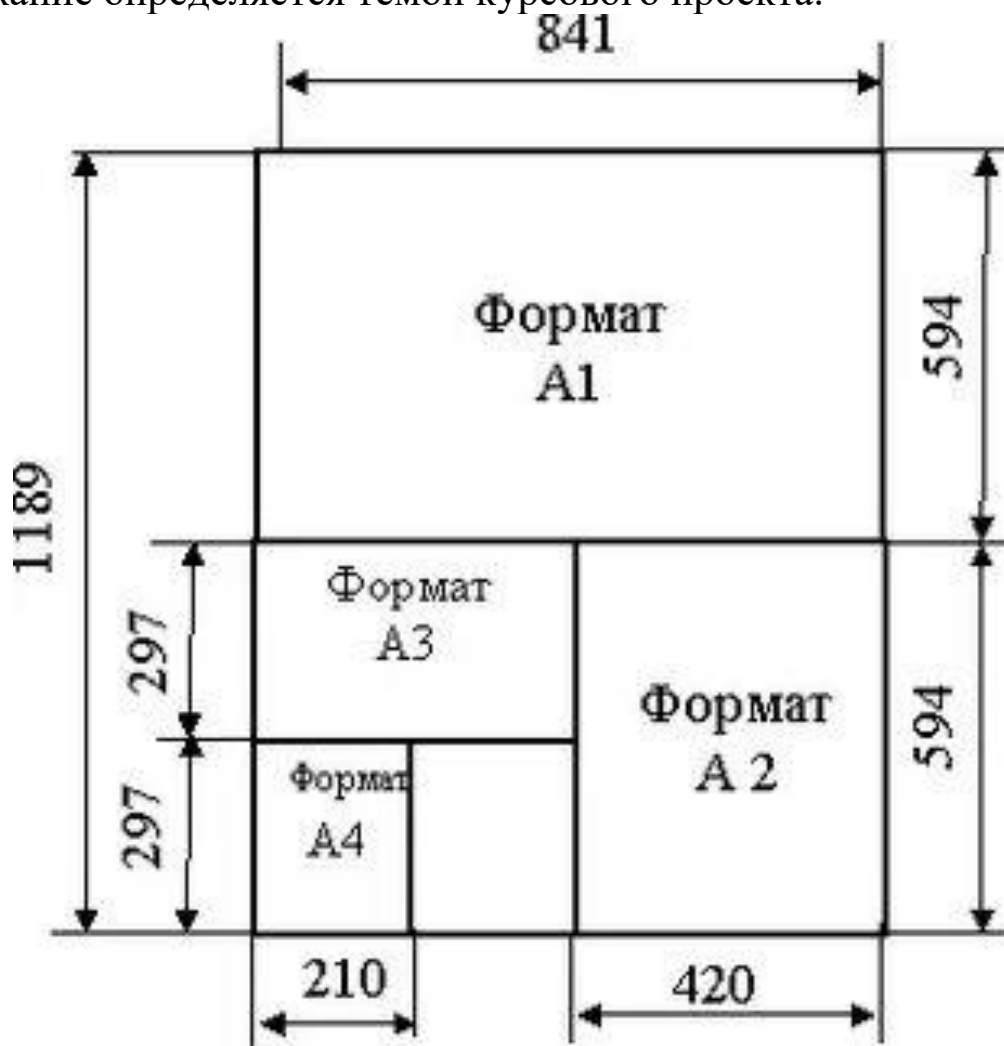


Рисунок 1.1 – Схема построения форматов

Листы «Общий вид машины» («Технологическая схема машины»), «Сборочный чертеж» и «Чертежи деталей» выполняются в обязательном порядке в каждом курсовом проекте.

Лист «Чертежи деталей» состоит из нескольких чертежей (Рисунок 1.1) различных форматов, в конечном итоге из них должен получиться формат А1, то есть чтобы собрать лист сборочного чертежа необходим один лист формата А2 и два листа формата А3 или 4 листа формата А3 или три листа формата А3 и два листа формата А2 и т.д. Каждый чертеж так же распечатывается на формате А4.

Все чертежи выполняются на компьютере в программе КОМПАС в соответствии с требованиями ЕСКД.

Надписи и буквенно-цифровые обозначения на листах и в основной надписи выполняются стандартным шрифтом по ГОСТу 2.304-81.

### 1.2.5.2 Основные надписи

Основные надписи располагают в правом нижнем углу конструкторских документов. На листах формата А1 по ГОСТу 2.301-68 основные надписи располагаются вдоль короткой стороны листа.

Содержание и расположение основных надписей приведены на рисунке 1.2.

					2			
					1	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4	5	6
Разраб.								
Пров.								
Т.контр.						Лист 7	Листов 8	
10	11	12	13		3	9		
Н.контр.								
Утв.								

*Рисунок 1.2 – Содержание и расположение основных надписей*

В графе 1 указывают наименование изделия. Размер шрифта 5 или 7.

В графе 2 – обозначение документа, прописные буквы.

В графе 3 указывают обозначение материала детали (заполняют только на чертежах деталей), шрифт 5.

В графе 4 – литера документа. КП – сокращенное обозначение «Курсовое проектирование», шрифт 7.

В графе 5 – масса изделия (кг).

В графе 6 – масштаб, шрифт 5 или 7.

В графе 7 – порядковый номер листа.

В графе 8 – общее количество листов графической части работы.

В графе 9 – наименование учебного заведения, номер учебной группы, шрифт 7.

Например: ПГАУ 331 гр.

В графе 10 – характер работы, выполненной лицом, подписывающим документ.

В графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ.

В графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

В графе 13 – дата подписания документа.

В графе 2 всех форм основной надписи записывают обозначение (шифр) документа.

Шифр имеют следующие документы: чертеж общего вида (ВО), сборочный чертеж (СБ), технологическая схема (ТС). В курсовом проекте шифры чертежей общего вида, сборочной единицы, схем и т.д. составляются из следующих групп индексов. 00.00.00.00.00.00:

- первая группа – индекс типа проекта (курсовой – КП);
- вторая группа – последние две цифры года;
- третья группа – номер кафедры (15-01);
- четвертая группа – номер сборочной единицы (указывается только в шифре чертежа сборочной единицы);
- пятая группа – номер детали сборочной единицы (указывается в группе рабочего чертежа детали);
- шестая группа – аббревиатура вида чертежа, схемы, графика.

Пример шифра для сборочного чертежа курсового проекта:

*КП.СХМ.21.15-01.00.00.00.СБ*

Содержание графы 2, повернутое на 180°, повторяется в левом верхнем углу чертежа. При вертикальном расположении формата содержания графы 2, повернутое на 90°, повторяется в правом верхнем углу чертежа за исключением формата А4.

Графа 3 заполняется только на чертежах деталей, в ней указываются марка и стандарт материала деталей.

### 1.2.5.3 Масштабы

Масштабы изображений (ГОСТ 2302-68) на чертежах надо выбирать из следующего ряда.

Масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:3; 1:4; 1:10; 1:15; 1:20; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500 и т.д.

Натуральная величина 1:1.

Масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

### 1.2.5.4 Примеры обозначения материалов на чертежах

*Сталь:*

Ст3 ГОСТ 380-94

Ст5 ГОСТ 380-94

Сталь 45 ГОСТ 1050 – 88

Сталь ХВСГФ ГОСТ 5950-2000

Сталь 15ХФ ГОСТ 4543-71

*Сортамент:*

Труба 70х3, 3х1250-10 ГОСТ 3262-75

Проволока 2,2-Ю ГОСТ 9389-75

Б – ПН – 0 – 3 ГОСТ 19903 – 2015

Лист  $\frac{12Х18Н10Т\text{ ГОСТ }7350 - 77}{5 - В\text{ ГОСТ }2590 - 88}$

Круг  $\frac{\text{Сталь }20\text{ ГОСТ }1050 - 2013}{В - 50 \times 50 \times 3\text{ ГОСТ }8509 - 93}$

Уголок  $\frac{\text{Ст3 ГОСТ }380 - 94}{\text{Ст3 ГОСТ }380 - 94}$

Все чертежи выполняются, как правило, на листах формата А1. При необходимости вычерчивания чертежа небольших размеров допускается формат А1 делить на форматы А2, А3, А4, при этом лист не разрезается, а основные надписи на отдельных чертежах должны выполняться параллельно друг другу. При необходимости разрешается использовать форматы больше А1.

Основная надпись и дополнительные графы к ней на документах выполняются в соответствии с ГОСТом 2.104-68. Наименование должно быть по возможности кратким, в именительном падеже единственного числа. Если наименование состоит из нескольких слов, на первое место помещают имя существительное, например: «схема

документооборота предлагаемая».

Документы программной части выполняются согласно требованиям ЕСПД.

Можно графическую часть курсового проекта представлять с использованием мультимедиа-проектора. При этом листы графической части выполняются в виде слайдов в любой программной среде, предназначенной для показа презентаций (например, Microsoft PowerPoint).

## **1.3 Рекомендуемая литература**

### **1.3.1 Учебные пособия**

1. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – Москва.: КолосС, 2003. – 624 с.

2. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – Москва., 1994.

3. Липкович, Э.И. Методические основы расчета и создания мобильных технологических агрегатов / Э.И. Липкович и др. – Ростов-на-Дону: Тера, 2002.

4. Любимов, А.И. Практикум по сельскохозяйственным машинам / А.И. Любимов и др. – Москва.: Колос, 1997. – 191 с.

5. Горячкин В.П. Собрание сочинений. В трех томах. – Москва.: Колосс, 1968.

6. Сабликов, М.В. Курсовое и дипломное проектирование по сельскохозяйственным машинам/ М.В. Сабликов, М.В. Кузьмин. – М.: Колосс, 1973.

7. Кузьмин, М.В. Интенсификация рабочих процессов сельскохозяйственных машин. – Москва.: ВСХИЗО, 1985.

8. Машины для уборки зерновых культур: учебное пособие / В.И. Горшенин, Н.В. Михеев и др. – Мичуринск – Научград РФ: Изд-во Мичурин. гос. агр. ун-та, 2006. – 214 с.

9. Проекты реформирования регионального АПК. Книга 2 (части 5-9). – Москва.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 408 с.

10. Маслов, Г.Г. Механизированные технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур: курс лекций для студентов сельскохозяйственных вузов и специалистов сельского хозяйства. – Майкоп: Адыгея, 1997. – 166 с.

11. Система использования техники в сельскохозяйственном производстве. – Москва.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 520 с.

12. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве: учеб. пособие для нач. проф. образования / Н.И. Верещагин, А.Г. Левшин, А.Н. Скороходов и др. – Москва.: ПрофОбрИздат, 2002. – 414 с.

13. Небавский, В.А. Машинно-технологическое обеспечение ресурсосберегающих процессов нулевой обработки почвы. – Краснодар: Изд-во ГУП «Печатный двор Кубани», 2004. – 180 с.

14. Кузьмин, В.Н. Использование сельскохозяйственной техники в современных условиях. – Москва.: Росинформагротех, 2005. – 252 с.

15. Овтов, В.А. Сопротивление материалов: Учебное пособие для самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки: 35.03.06 Агроинженерия; 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / В.А. Овтов; ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – 159 с.

16. Чугунов, В.А. Детали машин и основы конструирования: Учебное пособие для обучающихся по направлениям подготовки: 35.03.06 – «Агроинженерия» и 23.03.03 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» / В.А. Чугунов, В.А. Овтов, Ю.В. Поливяный. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. – 219 с.

17. Чугунов, В.А. Детали машин и основы конструирования. Соединения (общие сведения, расчетные формулы, примеры): Учебное пособие для студентов инженерного факультета, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.06 – Агроинженерия и 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / В.А. Чугунов; ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА». – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2014. – 124 с.

### **1.3.2 Периодические издания**

1. «Тракторы и сельскохозяйственные машины».
2. «Механизация и электрификация сельского хозяйства».
3. «Техника в сельском хозяйстве».
4. «Техника и оборудование для села».
5. «Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук».
6. «Международный сельскохозяйственный журнал».
7. «Сельскохозяйственные вести».
8. «Нива Поволжья».

## 2 Примеры расчетов соединений деталей

### 2.1 Пример расчета сварного соединения

#### 2.1.1 Пример проверки прочности стыкового соединения

Проверить прочность стыкового соединения (рисунок 2.1), нагруженного растягивающей силой  $F = 40$  кН. Толщина полосы  $\delta = 10$  мм. Ширина полосы  $b = 200$  мм. Сварка ручная электродами обыкновенного качества, материал полосы – Сталь 10.

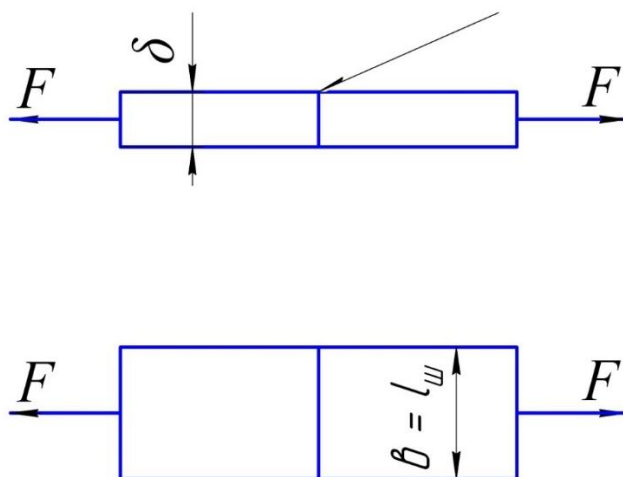


Рисунок 2.1 – Соединение в стык

Условие прочности:

$$\sigma'_p \leq [\sigma'_p]$$

Допускаемые напряжения при деформации растяжения, электродами Э-42 обыкновенного качества и ручной сварки:

$$[\sigma'_p] = 0,9 \cdot [\sigma'_p]$$

Допускаемые напряжения основного металла:

$$[\sigma_p] = \frac{R \cdot m}{k_H} = \frac{189 \cdot 0,9}{1,1} = 154,6 \text{ МПа}$$

$$R = 0,9 \cdot \sigma_T = 0,9 \cdot 210 = 189 \text{ МПа}$$

$$[\sigma'_p] = 0,9 \cdot 154,6 = 139,1 \text{ МПа}$$

Расчетные напряжения сварного шва:

$$\sigma'_p = \frac{F}{A'} = \frac{F}{\delta \cdot b} = \frac{40 \cdot 10^3}{10 \cdot 200} = 20 \text{ МПа}$$

$$\sigma'_p < [\sigma'_p] < 139,1 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

### 2.1.2 Пример проверки прочности угловых швов

Консольная балка соединена с колонной в тавр двумя угловыми швами (рисунок 2.2). Сварка выполнена вручную электродами Э-42. Катет сварного шва  $k = 5$  мм. Материал балки и колонны – Сталь 10. Размеры балки показаны на рисунке. Сила  $F = 2$  кН.  $[\sigma_p] = 170$  МПа. Проверить прочность сварного шва.

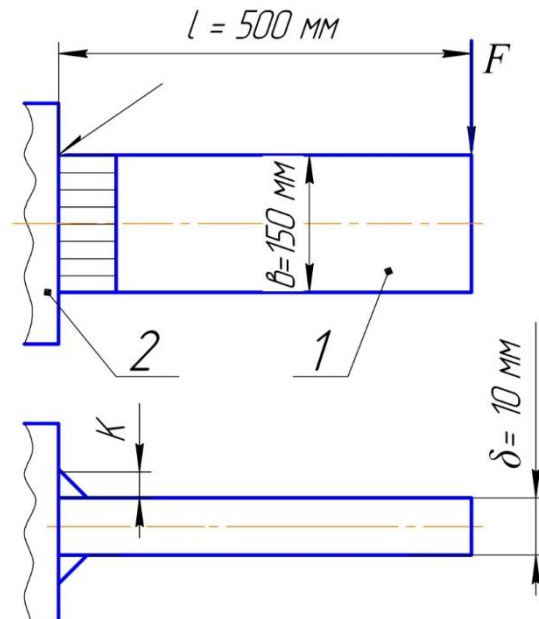


Рисунок 2.2 – Крепление балки к колонне: 1 – балка; 2 – колонна

Угловые швы рассчитывают на срез. Допускаемые напряжения для угловых швов:

$$[\tau'_{cp}] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 170 = 102 \text{ МПа.}$$

В наиболее нагруженных крайних точках швов возникают касательные напряжения от момента  $M = F \cdot l$  и от поперечной силы  $F$ . По условной методике производят геометрическое суммирование этих напряжений:

$$\tau'_{cp} = \sqrt{\tau'^2_M + \tau^2_F} \leq [\tau'_{cp}]$$

$$\tau'_{cp} = \sqrt{\left(\frac{F \cdot l}{W'_x}\right)^2 + \left(\frac{F}{A'}\right)^2}$$

Расчетный момент сопротивления и расчетную площадь сварных швов определяют по их биссекторному сечению:

$$W'_X = 2 \cdot 0,7 \cdot \frac{k \cdot b^2}{6} = 2 \cdot 0,7 \cdot \frac{5 \cdot 150^2}{6} = 26250 \text{ мм}^3$$

$$A' = 2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot b = 2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 50 = 350 \text{ мм}^2$$

$$\tau'_{\text{ср}} = \sqrt{\left(\frac{2000 \cdot 500}{26250}\right)^2 + \left(\frac{2000}{350}\right)^2} = 38,5 \text{ МПа}$$

$$\tau'_{\text{ср}} < [\tau'_{\text{ср}}] < 102 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

### 2.1.3 Пример проверки прочности нахлестного соединения

Проверить прочность нахлестного соединения с двумя лобовыми швами и нагруженного растягивающей силой  $F = 20 \text{ кН}$  действующей перпендикулярно шву (рисунок 2.3). Толщина листа  $\delta = 5 \text{ мм}$ . Длина шва  $l = 200 \text{ мм}$ . Сварка ручная электродами Э-42.  $[\sigma_p] = 170 \text{ МПа}$ .

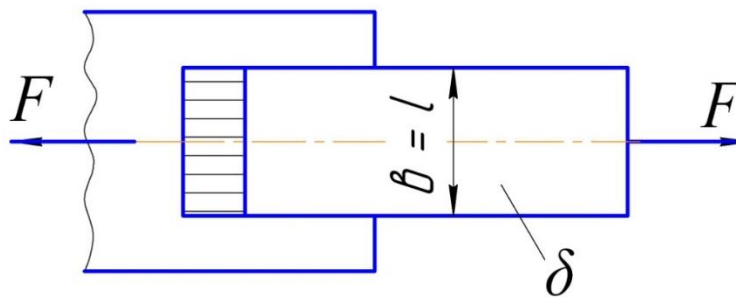


Рисунок 2.3 – Схема нахлестного соединения

Условие прочности:

$$\tau'_{\text{ср}} = \frac{F}{A'} = \frac{F}{(0,7 \cdot k \cdot l) \cdot 2} \leq [\tau'_{\text{ср}}]$$

Расчетные касательные напряжения:

$$\tau'_{\text{ср}} = \frac{20 \cdot 10^3}{(0,7 \cdot 5 \cdot 200) \cdot 2} = 14,3 \text{ МПа}$$

Допускаемые касательные напряжения:

$$[\tau'_{\text{ср}}] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 170 = 102 \text{ МПа}$$

$$\tau'_{\text{ср}} < [\tau'_{\text{ср}}] < 102 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

## 2.2 Пример расчета болтового соединения

### 2.2.1 Пример расчета момента завинчивания

Определить силу  $F_p$ , которую необходимо приложить к стандартному ключу  $l = 15d$  (рисунок 2.4) при завинчивании гайки М6 до появления в стержне болта напряжений, равных пределу текучести  $\sigma_T = 240$  МПа. Коэффициент трения в резьбе и на торце гайки  $f = 0,15$ .

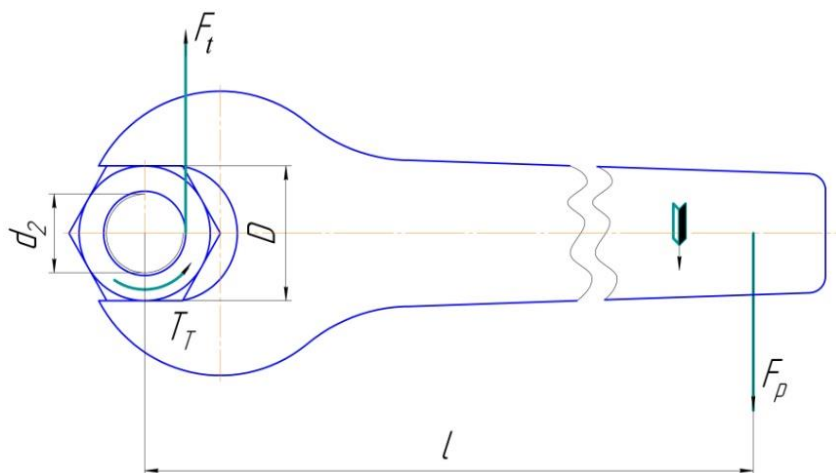


Рисунок 2.4 – Схема для определения момента завинчивания

Принимаем для резьбы М6 шаг  $P = 1$  мм; средний диаметр резьбы  $d_2 = 5,350$  мм; внутренний диаметр резьбы  $d_1 = 4,917$  мм.

Осевая сила  $F_a$ , при которой в стержне болта возникает напряжение, равное пределу текучести.

$$F_a = \frac{\pi d_1^2 \cdot \sigma_T}{1,3 \cdot 4} = \frac{3,14 \cdot 4,917^2 \cdot 240}{1,3 \cdot 4} = 3504 \text{ Н}$$

Приведенный коэффициент трения:

$$f' = \frac{f}{\cos \alpha/2} = \frac{0,15}{\cos 30^\circ} = 0,173$$

Приведенный угол трения:

$$\varphi' = \arctg f' = \arctg 0,173 = 9^\circ 50'$$

Угол подъема резьбы:

$$\tg \psi = \frac{P}{\pi d_2} = \frac{1}{3,14 \cdot 5,350} = 0,06 \quad \psi = 3^\circ 24'$$

Момент завинчивания, приложенный к гайке:

$$T_{\text{зав}} = F_a \cdot \frac{d_2}{2} \left[ \operatorname{tg}(\psi + \varphi') + \frac{f(D+d_0)}{4} \right] = 3504 \cdot \frac{5,350}{2} \left[ \operatorname{tg}(3^\circ 24' + 9^\circ 50') + \frac{0,15(10+7)}{4} \right] = 4478 \text{ Н}$$

Сила  $F_p$ , которую необходимо приложить к ключу:

$$F_p = \frac{T_{\text{зав}}}{l} = \frac{T_{\text{зав}}}{15d} = \frac{4478}{15 \cdot 6} = 56 \text{ Н}$$

### 2.2.2 Пример расчета винтовой стяжки

Винтовая стяжка имеет правую и левую резьбу. Рассчитать винт и гайку стяжки при условии, что сила действующая на стяжку  $F = 30000 \text{ Н}$  (рисунок 2.5). Коэффициент трения резьбы  $f = 0,18$ . Нагрузка статическая, затяжка неконтролируемая. Материал винта и гайки – Сталь 35.

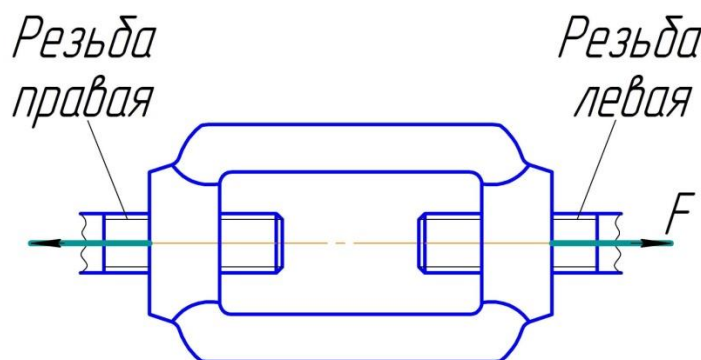


Рисунок 2.5 – Винтовая стяжка

Для материала Сталь 35  $\sigma_T = 300 \text{ МПа}$ . Коэффициент запаса прочности  $[S] = 2,5$  при диаметре винта  $d \approx 24 \text{ мм}$ .

Допускаемые напряжения при растяжении:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{300}{2,5} = 120 \text{ МПа}$$

Из условия прочности при растяжении определяем внутренний диаметр резьбы на конце стяжки:

$$\sigma_p = \frac{1,3F}{A_6} = \frac{1,3 \cdot 4F}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_p],$$

$$\text{Откуда } d_1 = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4F}{\pi \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot 30000}{3,14 \cdot 120}} = 20,347 \text{ мм}$$

По ГОСТ 24705 – 81 принимаем метрическую резьбу с параметрами:  $d_1 = 20,752 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 22,051 \text{ мм}$ ,  $d = 24 \text{ мм}$ ,  $P = 3 \text{ мм}$ , угол подъема резьбы  $\psi = 2^\circ 30'$

Находим высоту гайки из условия прочности витков резьбы

на срез:

$$H = \frac{F}{\pi d_1 K_n K_m [\tau_c]} = \frac{30000}{3,14 \cdot 20,752 \cdot 0,87 \cdot 0,7 \cdot 60} = 12,6 \text{ мм}$$

$$[\tau_c] = (0,15 \dots 0,20) \sigma_T = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ МПа}$$

Определяем высоту гайки из условия прочности витков резьбы на смятие:

$$H = \frac{4F \cdot P}{\pi(d^2 - d_1^2) \cdot [\sigma_{см}] \cdot K_m} = \frac{4 \cdot 30000 \cdot 3}{3,14(24^2 - 20,752^2) \cdot 72 \cdot 0,7} = 15,6 \text{ мм}$$

$$[\sigma_{см}] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ МПа}$$

Принимаем высоту гайки  $H = 20 \text{ мм}$ .

Момент трения в резьбе:

$$T_p = F \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') = \frac{30000 \cdot 22,051}{2} \cdot \operatorname{tg}(2^\circ 30' + 11^\circ 43') = 83420 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \alpha / 2} = \operatorname{arctg} \frac{0,18}{\cos 30^\circ} = 11^\circ 43'$$

КПД винта (формула 2.8):

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg}(\psi + \varphi')} = \frac{\operatorname{tg} 2^\circ 30'}{\operatorname{tg}(2^\circ 30' + 11^\circ 43')} = 0,173$$

## 2.3 Пример расчета шпоночного соединения

**Пример 1.** Два вала диаметром  $d = 30 \text{ мм}$  соединены с муфтой сегментными шпонками (рисунок 2.6). Рассчитать соединение при следующих данных: передаваемый крутящий момент  $T = 150 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . материал муфты – сталь. Нагрузка спокойная.

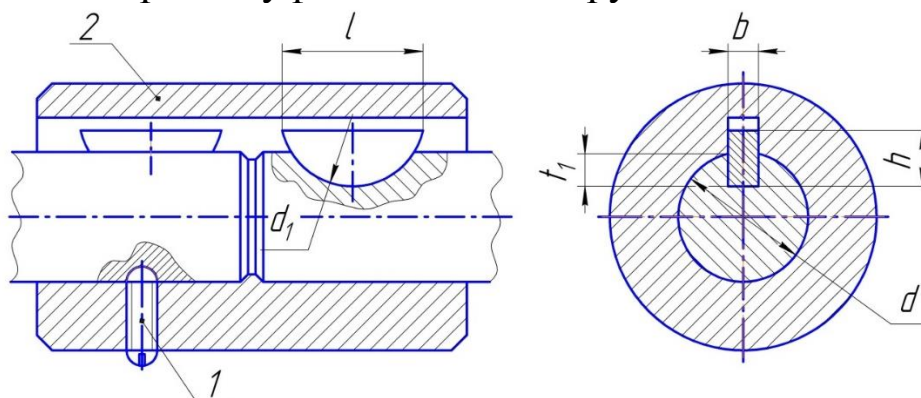


Рисунок 2.6 – Соединение сегментной шпонкой: 1 – винт установочный; 2 – кольцо замковое пружинное

Для диаметра вала  $d = 30 \text{ мм}$  размеры шпонки и шпоночного паза:

$$b = 8 \text{ мм}, h = 11 \text{ мм}, t_1 = 8 \text{ мм}.$$

Допускаемые напряжения на смятие  $[\sigma_{см}] = 100$  МПа, на срез  $[\tau_{ср}] = 90$  МПа.

Из условия прочности определяем длину шпонки:

$$l \geq \frac{2T}{d \cdot (h - t_1) \cdot [\sigma_{см}]} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 10^3}{30 \cdot (11 - 8) \cdot 100} = 33,3 \text{ мм}$$

Из стандартного ряда длин принимаем  $l = 36$  мм.

Расчетные напряжения на смятие и на срез:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 10^3}{30 \cdot (11 - 8) \cdot 36} = 92,6 \text{ МПа}$$

$$\tau_{ср} = \frac{2T}{d \cdot l \cdot b} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 10^3}{30 \cdot 8 \cdot 36} = 34,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{см} < [\sigma_{см}] < 100 \text{ МПа}; \tau_{ср} < [\tau_{ср}] < 90 \text{ МПа}$$

Условия прочности на смятие и на срез выполняются. Для соединения валов с муфтой принимаются 2 сегментные шпонки:

Шпонка 8x11 ГОСТ 24071-80.

**Пример 2.** Проверить на прочность соединение клиновой шпонкой, если передаваемый крутящий момент  $T = 200$  Н·м, диаметр вала  $d = 55$  мм, длина шпонки  $l = 36$  мм (рисунок 2.7). Ступица стальная.  $f = 0,15$ ,  $[\sigma_{см}] = 100$  МПа.

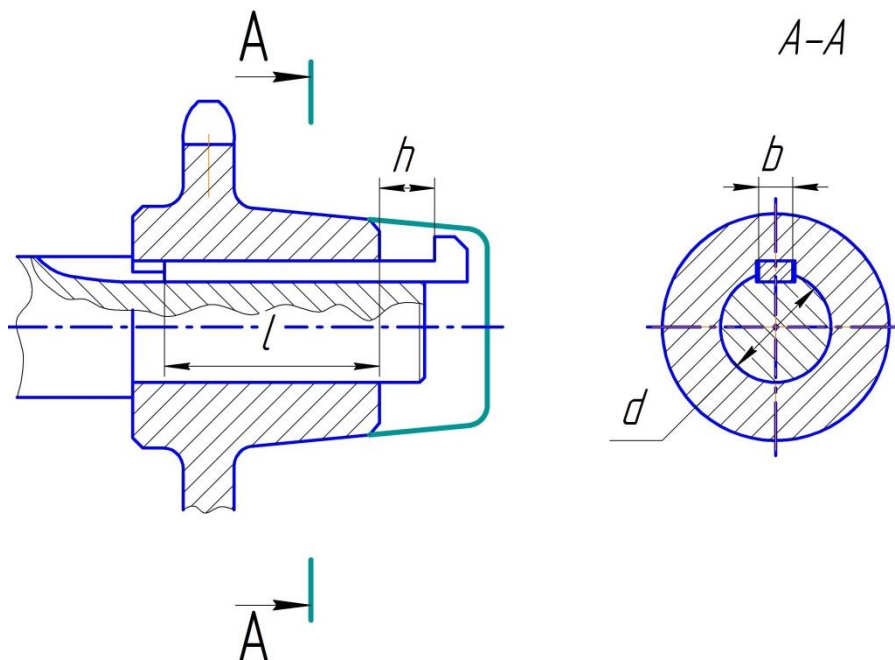


Рисунок 2.7 – Соединение клиновой шпонкой

Клиновую шпонку рассчитывают на смятие рабочей поверхности с учетом трения:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{12T}{l \cdot b(b+6f \cdot d)} \leq [\sigma_{\text{см}}]$$

Для диаметра вала  $d = 55$  мм принимаем размеры шпонки  $b = 16$  мм:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{12 \cdot 200 \cdot 10^3}{36 \cdot 16(16+6 \cdot 0,15 \cdot 55)} = 63,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{см}} < [\sigma_{\text{см}}] < 100 \text{ МПа}$$

Условие на прочность выполняется.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калабушев, А.Н. Эксплуатационная практика (учебная): Практикум для студентов, обучающихся по специальности 35.03.06 Агроинженерия / А.Н. Калабушев, П.Н. Хорев, А.В. Яшин. Том Часть 1. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – 85 с.
2. Курсовое и дипломное проектирование по сельскохозяйственным машинам: Учебно-методическое пособие для высших учебных заведений по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / Н.В. Калашникова, А.М. Полохин, А.В. Волженцев, Р.А. Булавинцев. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2018. – 104 с.
3. Курсовое проектирование по сельскохозяйственным машинам: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Агроинженерия»: Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию / В.В. Василенко, А.М. Гиевский, К.Р. Казаров, В.Н. Солнцев. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2013. – 208 с.
4. Сельскохозяйственные машины: методические указания для выполнения курсового проекта студентами очной и заочной формы обучения направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / сост. Э.В. Коротких, А.С. Шишлов. – 2-е изд. перераб. и доп.; ФГБОУ ВО Приморская ГСХА; – Уссурийск, 2016. – 52 с.
5. Спирин, Н.Н. Методическое пособие по курсовому проектированию разработано по программе профессионального модуля ПМ 02 «Эксплуатация сельскохозяйственной техники» для студентов специальности 110809 Механизация сельского хозяйства. – Чита, КА ЗабАИ, 2017. – 59 с.
6. Технология сельскохозяйственного машиностроения. Курсовое проектирование / Л.М. Акулович, А.В. Миранович, Л.Е. Сергеев. – Минск, БГАТУ, 2020. – 151 с.
7. Чугунов, В.А. Детали машин и основы конструирования. Соединения (общие сведения, расчетные формулы, примеры): Учебное пособие для студентов инженерного факультета, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.06 – Агроинженерия и 23.03.03 –

Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / В.А. Чугунов; ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА». – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2014. – 124 с.

8. Эксплуатация сельскохозяйственной техники: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / М.В. Данилов, Л.И. Высочкина, В.Х. Малиев и др. – Ставрополь, 2015. – 76 с.

9. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – Москва: КолосС. – 2003. – 624 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

*Приложение 1*

*Пример выполнения курсового проекта №1*

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный аграрный университет»

Инженерный факультет

Кафедра «Механизация технологических процессов в АПК»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Сельскохозяйственные машины»  
на тему: «Модернизация культиватора КШУ-12»

Выполнил: студент 331 гр.

Арестович Р.А.

Проверил: канд. техн. наук

Калабушев А.Н.

Пенза, 2024

## Введение

Машины и орудия для предпосевной, основной обработки почвы и культивации находят свое применение в условиях почвозащитной и минимальной технологии обработки почвы. Культивация широко применяется как при паровой, так и при предпосевной обработке почвы при возделывании полевых культур. Она проводится на глубину 6...16 см рыхлящими или полольными рабочими органами. При культивации почва должна быть равномерно взрыхлена на всю глубину обработки и иметь мелкокомковатую структуру (величина комьев не более 3...5 см). Глубина рыхления должна быть одинаковой и соответствовать заданной с отклонением не более  $\pm 1$  см, подрезание сорняков должно составлять 100 %. Высота гребней обработанного поля должна быть не более 4 см, не допускается перемешивание влажных слоев почвы с верхними сухими. Качество культивации улучшается при агрегатировании с зубовыми боронами и прутковыми катками. Большое распространение в производстве получили тяжелые культиваторы КПЭ-3,8, КТС-10, КП-8, которые выполняют сплошную предпосевную и осеннюю обработки почвы, стерневых паров, полей после высокостебельных пропашных культур и трав.

Основной тенденцией в области обработки почвы продолжает оставаться стремление к повышению качества обработки и сокращению производственных затрат. Исходя из этого, *целью курсового проекта является модернизация культиватора КШУ-12. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:*

1. Провести анализ современного состояния вопроса поверхностной обработки почвы.
2. Обосновать и предложить мероприятия по модернизации культиватора КШУ-12, произвести необходимые инженерные расчеты, подтверждающие работоспособность модернизированной машины.
3. Разработать мероприятия по регулировке модернизированного культиватора и технике безопасности при его работе.

# **1 Современное состояние вопроса поверхностной обработки почвы**

## **1.1 Технологии поверхностной обработки почвы**

Поверхностная обработка почвы – обработка почвы различными орудиями на глубину до 16 см. Эта обработка почвы необходима для превращения почвы в рыхлое состояние, провокации и уничтожения проростков сорняков, для предпосевной подготовки почвы, для ухода за растениями, для выравнивания поверхности поля с целью создания микрорельефа, оптимального для роста растений и для высококачественной уборки урожая. К поверхностной обработке почвы относятся лущение, культивация, боронование, прикатывание, планировка поверхности поля, шлейфование и некоторые другие способы механического воздействия на почву.

Культиваторы – сельскохозяйственные орудия, предназначенные для поверхностной обработки почвы без ее оборачивания на глубину 8...14 см. В хозяйствах используют культиваторы для сплошной и междурядной обработки почвы. Они могут быть навесные и прицепные. Сплошная обработка проводится перед посевом и на полях, не занятых растениями.

Основными рабочими органами культиватора для сплошной обработки почвы служат универсальные стрельчатые и рыхлительные лапы. Универсальные стрельчатые лапы рыхлят почву и подрезают сорняки.

Рыхлительные лапы предназначены для рыхления почвы и вычесывания корневищ многолетних сорняков. Культиваторы для междурядной обработки рыхлят почву, уничтожают сорняки в междурядьях посевов пропашных культур: кукурузы, свеклы, картофеля, хлопчатника, капусты и др. С их помощью вносят и удобрения. На этих культиваторах устанавливают различные рабочие органы: односторонние лапы (бритвы), стрельчатые плоскорежущие и универсальные лапы, рыхлительные долотообразные лапы, подкормочные ножи, окучники и др.

Лушители – орудия, с помощью которых проводят первую мелкую обработку почвы после уборки хлебов и других культур (лущение). Лущение на глубину 4...5 см способствует прорастанию семян сорняков, которые запахиваются при основной (зяблевой)

вспашке. Оно также улучшает накопление влаги, которая хорошо впитывается рыхлой почвой. Луцильники бывают лемешные и дисковые. Рабочие органы дискового луцильника – вогнутые диски, собранные по 9...10 штук в секции – батареи. Дисковые луцильники имеют по 4, 8, 12 батарей и соответственно ширину захвата 5, 10, 15 м.

Бороны – сельскохозяйственные орудия, предназначенные для рыхления поверхностного слоя почвы, выравнивания, разрушения почвенной корки, уничтожения сорняков и т.п. В сельском хозяйстве применяют зубовые, дисковые бороны, шлейф-бороны и сетчатые бороны. Основным рабочим органом зубовой бороны служит металлический зуб (стержень) длиной 100 мм, закрепленный на раме. Если поле каменистое, то применяют бороны с зубьями в виде пластинчатых пружин.

Основной рабочий орган дисковой бороны – заостренный сферический диск. Диски, смонтированные на одну ось, образуют батарею. Они крепятся на раму в два ряда.

Шлейф-бороны предназначены для выравнивания поверхности поля и весеннего рыхления вспаханной осенью почвы. Они состоят из двух звеньев, соединенных с прицепом. Каждое звено имеет плоский выравнивающий нож с изменяющимся углом наклона, брус с зубьями и шлейф из четырех соединенных между собой металлических брусьев. Во время боронования нож срезает гребни почвы, зубья рыхлят ее, а металлические брусья шлейфа выравнивают поверхность поля, перемещая почву с гребней в борозды.

Сетчатые бороны предназначены для рыхления верхнего слоя почвы и уничтожения сорняков, разрушения корки на посевах в период появления всходов, боронования гладких и гребневых посадок картофеля, прореживания всходов сахарной свеклы и кукурузы. Рабочие органы сетчатых борон – зубья, изготовленные из круглых стальных прутков.

Нередко бороны включают в агрегат вместе с плугами или культиваторами, чем сокращают сроки полевых работ и уменьшают число проходов трактора по полю.

Катки – орудия для прикатывания почвы, разрушения глыб, размельчения комков, выравнивания и уплотнения верхнего слоя почвы перед посевом и после него. Прикатывание почвы способствует притоку влаги из нижних слоев почвы и быстрому прорастанию

семян. В зависимости от конструкции рабочих органов катки бывают кольчатые, кольчато-шпоровые, кольчато-зубчатые, борончатые, гладкие (водоналивные). Гладкий (водоналивной) каток представляет собой пустотелый металлический барабан, в который для увеличения массы заливают воду.

Применение того или иного приема поверхностной обработки зависит от состояния поля, засоренности, возделываемой культуры, почвенных и климатических условий.

Многократные проходы почвообрабатывающих агрегатов по полю, связанные с необходимостью выполнения нескольких операций, неизбежно приводят к чрезмерному уплотнению и распылению почвы. При вспашке пятикорпусным плугом трактор укатывает 40...50 % поверхности поля. Под действием гусениц трактора и колес машин агрегатные комочки почвы разрушаются, распыляются, плотность почвы повышается, а капиллярность и влагопроницаемость уменьшаются. Все это ведет к снижению урожая. Многократная предпосевная обработка затягивает сев, что также неблагоприятно сказывается на урожае. Особенно вредна многократная обработка в зонах недостаточного увлажнения и на легких бесструктурных почвах. При интенсивной обработке теряется органическое вещество вследствие выветривания и водной эрозии, ухудшается структура почвы, возрастает потеря влаги и образование глыб. Поэтому современные методы обработки почвы все активнее предусматривают использование комбинированных машин и агрегатов, позволяющих за один проход выполнять несколько операций в различных сочетаниях.

Существует три основных типа комбинированных машин:

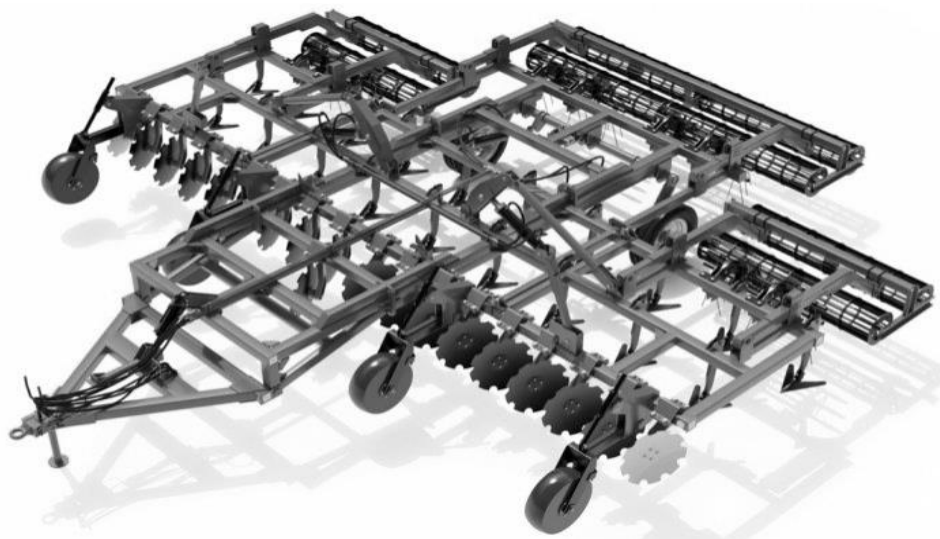
- агрегат, составленный из нескольких последовательно соединенных простых орудий, выполняющих отдельные операции;
- машина, на раме которой последовательно закреплены разные по назначению рабочие органы, заимствованные от простых орудий;
- машина, оснащенная специальным комбинированным рабочим органом, выполняющим все операции заданного технологического цикла.

Применение комбинированных агрегатов дает возможность выполнять полевые работы в агротехнические сроки, снизить затраты труда и средств и эффективно использовать тракторы.

## 1.2 Обзор машин для поверхностной обработки почвы

Сегодня существует множество разновидностей культиваторов отечественного и импортного производства. Культиватор сплошной обработки, в отличие от плуга, рыхлит грунт без оборота пласта. Основная его функция – культивирование почвы.

Культиватор КД-720М (рисунок 1.1) предназначен для обработки почвы: предпосевной, паровой, измельчения пожнивных остатков высокостебельных культур. При комплектации дополнительными сменными рабочими органами – для осенней обработки почвы и чизелевания.



*Рисунок 1.1 – Общий вид культиватора КД-720М*

Культиватор применяется во всех агроклиматических зонах, в том числе подверженных ветровой и водной эрозии, на всех типах почв, кроме каменистых, с влажностью до 25 %, твёрдостью до 2,5 МПа, высотой сорняков до 25 см, и уклоном поля до 8°.

Данный культиватор представляет собой прицепное гидрофицированное орудие с шарнирной трехсекционной рамой. Рабочими органами культиватора являются сферические диски, стрельчатые лапы, пружинные бороны и катки. В зависимости от условий работы и видов обработки полей дисковые рабочие органы могут использоваться или быть демонтированными с машины. Регулировка глубины обработки осуществляется: впереди – опорными колёсами, сзади – положением прикатывающих катков.

Агрегат комбинированный почвообрабатывающий АКП-10,8 «Лидер-10,8» производства ОАО «Сибирский агропромышленный

дом» (рисунок 1.2) предназначен для сплошной обработки почвы по стерневым, зяблевым и паровым фонам с выполнением операций крошения почвы, подрезания и вычесывания сорняков, создания уплотненного семенного ложа, а над ним рыхлого мульчирующего слоя, с выравниванием поверхности поля. Может работать во всех зонах при влажности почвы до 30 %, твёрдости до 4,5 МПа с уклоном поверхности поля до 8°. Не рекомендуется применять на обработке тяжёлых солонцовых, глинистых и каменистых почв на глубину более 10...12 см.



*Рисунок 1.2 – Агрегат комбинированный почвообрабатывающий АКП-10,8*

Агрегат представляет собой полуприцепное гидрофицированное орудие с шарнирной трехсекционной рамой. На поперечных балках установлены кронштейны для крепления рабочих органов - культиваторных лап. На задних брусках рам расположены кронштейны присоединения многооперационных прикатывающих катков. Комплект многооперационных катков состоит из 6 батарей конусных катков, установленных на навесках, состоящих из кронштейнов, рессор и тяг. В зависимости от состояния фона и вида работ катки могут работать как в «пассивном», так и в «активном» положении.

Культиватор навесной Korund 8/900 К производства «LEMKEN GmbH & Co. KG», Германия (рисунок 1.3) предназначен для предпосевной подготовки почвы, под посев зерновых, мелкосемянных и других сельскохозяйственных культур. Культиватор может работать во всех почвенно-климатических зонах России при влажности почвы до 30 % и твердости почвы до 1,5 МПа в горизонтах от 0 до 15 см на

полях с ровным и волнистым рельефом с уклоном до  $8^\circ$ . Культиватор представляет собой навесное гидрофицированное орудие с шарнирной трехсекционной рамой. На центральной раме установлено устройство для навески орудия на навеску трактора, опорные колеса. Рабочие органы – S-образные стойки со стрелчатymi лапами, впереди установлена выравнивающая планка, а вслед за стрелчатыми лапами установлены шесть сдвоенных катков.



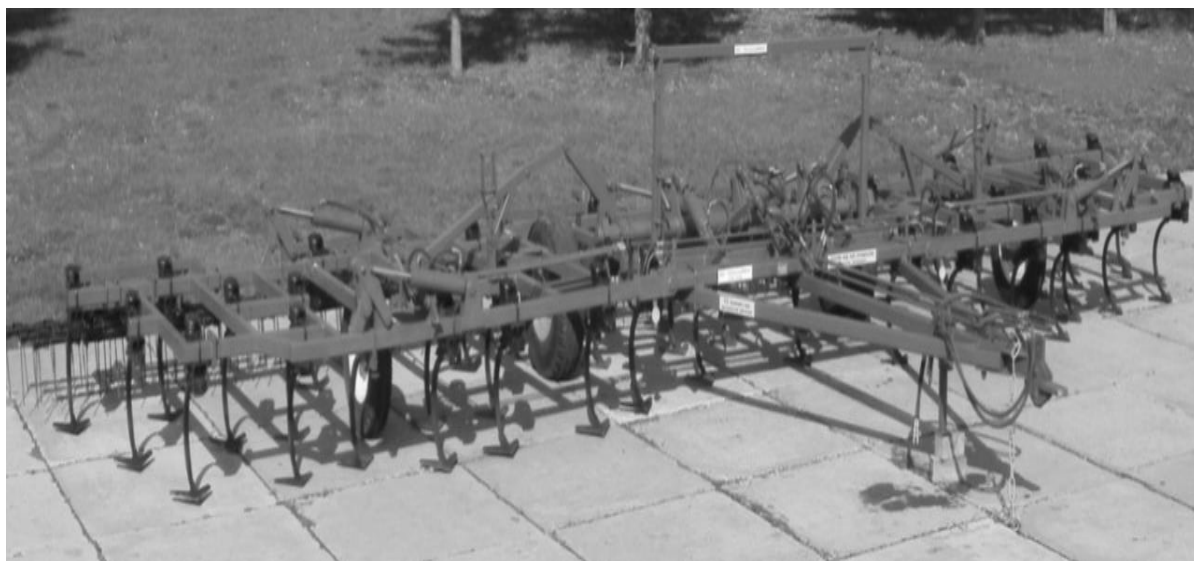
*Рисунок 1.3 – Культиватор навесной Korund 8/900 К*

Регулировка изменения глубины рабочих органов (стрелчатых лап) обеспечивается регулировочными отверстиями, расположенными в стойках опорных колес.

Культиватор прицепной комбинированный КПК-12-04 производства ЗАО «Пенза агрореммаш», (рисунок 1.4) предназначен для сплошной предпосевной и паровой культивации с одновременным выравниванием и прикатыванием поверхности почвы на глубину от 4 до 10 см, твердостью почвы 0,4...1,6 МПа и влажностью почвы 8...27 % не засоренной камнями. Культиватор представляет собой прицепное гидрофицированное орудие с шарнирной пятисекционной рамой, на которой установлены в три ряда 43 стрелчатые лапы (ширина захвата 330 мм) на С-образных стойках на шарнирно-пружинной подвеске. На задней части рамы устанавливаются сменные приспособления.

Базовая модель культиватора оснащена приспособлением для навески пружинных борон с регулируемым углом наклона зубьев и возможностью изменения давления на почву. Культиватор может

быть оснащен комплектом выравнивателей в сочетании с планчатыми катками.



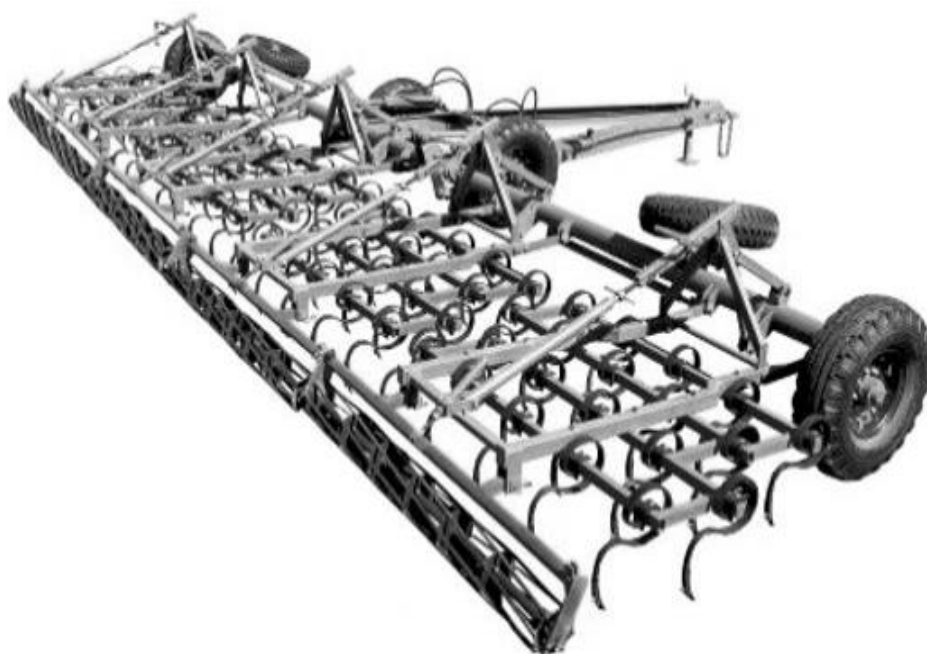
*Рисунок 1.4 – Культиватор прицепной комбинированный КПК-12-04*

Регулировка глубины обработки осуществляется: впереди – опорными колесами, сзади – положением прикатывающих катков.

Культиватор комбинированный широкозахватный ККШ-11,3АМ-П1 производства ООО «Буинский машиностроительный завод», (рисунок 1.5) предназначен для предпосевной подготовки почвы и ухода за парами с целью поверхностного рыхления почвы, выравнивания поверхности поля и уничтожения всходов сорняков.

Культиватор может применяться во всех почвенно-климатических зонах. Применение на почвах, засоренных камнями размером более 20 см и грубостебельными растительными остатками не рекомендуется. Культиватор состоит из гидрофицированной сцепки, на которую навешиваются пять секций с рабочими органами, выравнивателями и катками. Каждая секция имеет свое навесное устройство. Ходовая система включает в себя четыре опорных и два транспортных колеса.

Культиватор усиленный комбинированный КУК-8П производства ОАО «Волгодизельаппарат» (рисунок 1.6) используется для предпосевной и паровой обработки преимущественно тяжёлых, глыбистых и заплывших почв, а также для весенней обработки стерневой зяби и послеуборочного рыхления полей со стерней колосовых и зернобобовых.



*Рисунок 1.5 – Культиватор комбинированный широкозахватный ККШ-11,3*

Глубина обработки почвы устанавливается на каждой секции перестановкой стопора в ползуне корпуса телескопической тяги навесного устройства – в передней части и регулировкой винтового упора катка – в задней части.

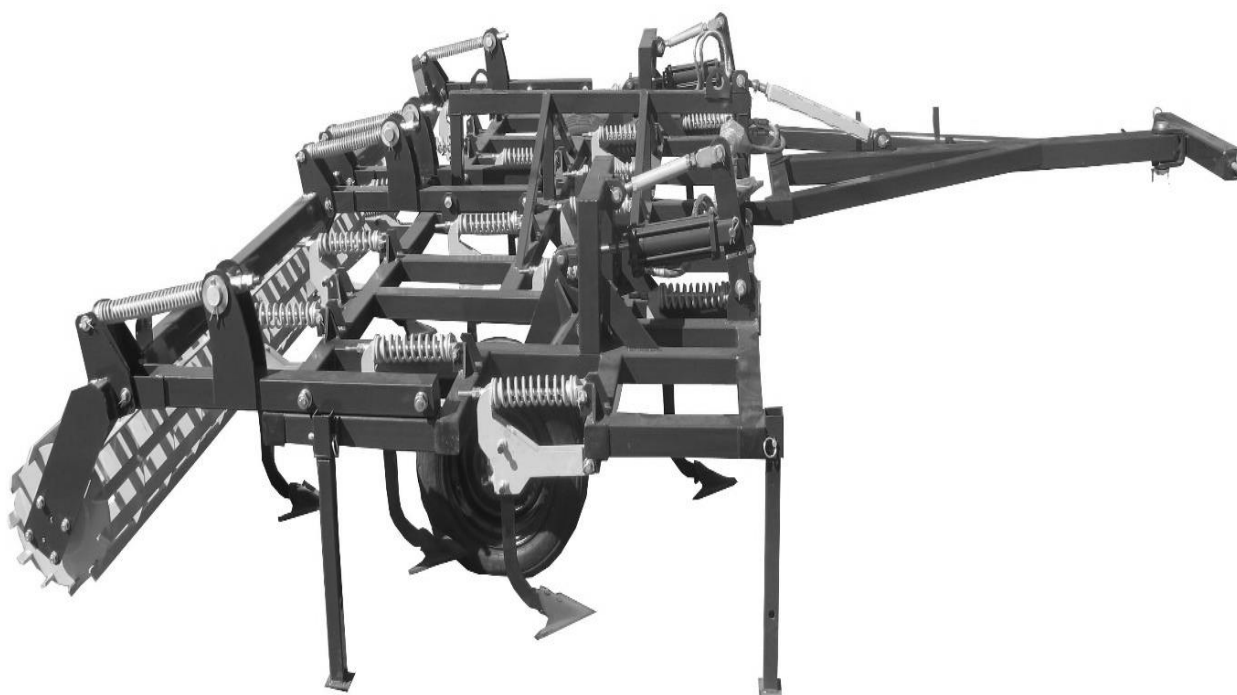


*Рисунок 1.6 – Культиватор усиленный комбинированный КУК-8П*

Культиватор предназначен для работы на всех типах почв на полях с уклоном до  $8^\circ$ , при твердости почвы до 2 МПа, влажности 8...28 %, а при наличии стерни и сорной растительности высотой до 20 см и количестве сорняков до 200 шт./м<sup>2</sup>, при влажности почвы до 24 %.

Культиватор является полуприцепным гидрофицированным орудием с шарнирной трехсекционной рамой, на которой в 2 ряда установлены 27 стрельчатых лап. На задней части рамы установлены сменные приспособления.

Культиватор навесной для сплошной обработки почвы КСОП-4,8 производства ЗАО «РТП Зерноградское», (рисунок 1.7) предназначен для предпосевной обработки почв и ухода за парами с одновременным боронованием при влажности 8 %...28 % и твердости почвы 0,4...1,6 МПа в горизонтах от 0 до 15 см на полях с ровным и волнистым до  $8^\circ$  рельефом местности.



*Рисунок 1.7 – Культиватор для сплошной обработки почвы  
КСОП-4,8*

Культиватор КСОП-6Н агрегатируется в навесном варианте с тракторами класса 2...3. Культиватор представляет собой навесное гидрофицированное орудие с шарнирной трехсекционной рамой, на которой установлены в три ряда 22 стрельчатых лапы. На раме и бо-

ковых секциях установлены бороновальные модули, каждый из которых имеет три ряда пружинных зубьев.

### 1.3 Патентный обзор конструкций рабочих органов культиваторов

Стойка рабочего органа культиватора по патенту РФ № 2525726 представлена на рисунке 1.8. Устройство работает следующим образом. В диапазоне рабочих нагрузок удлинение жесткой части не касается упора, и стойка работает как обычная пружинная стойка. Неоднородность почвенной структуры приводит к тому, что тяговое сопротивление рабочего органа колеблется, из-за чего стойка с рабочим органом вибрирует в широком диапазоне частот. Вибрации стойки благоприятно сказываются на процессе резания почвенного слоя, образуя полезный виброэффект. Плавные переходы на поверхностях жесткой части стойки исключают сгуживание почвы.

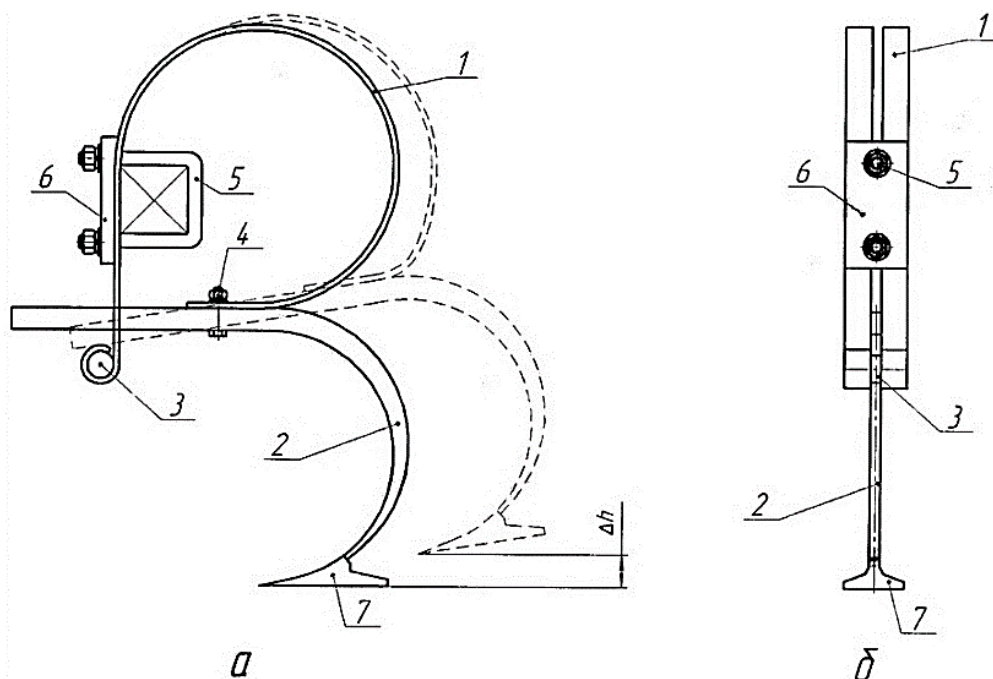


Рисунок 1.8 – Стойка рабочего органа культиватора патент РФ №2525726: а – вид сбоку; б – вид спереди; 1 – верхняя пружинная криволинейная часть; 2 – нижняя жесткая криволинейная часть; 3 – упор; 4 – болтовое соединение верхней и нижней частей; 5 – хомут для крепления к раме; 6 – накладка для крепления к раме; 7 – рабочий орган

При увеличении нагрузки упругие смещения нарастают и зазор между удлинением стойки и упором уменьшается. При достижении предельной нагрузки зазор закрывается, и удлинение жесткой части стойка касается упора, и жесткая часть стойки начинает поворачиваться вокруг него.

Расчетная схема нагружения резко меняется, меняется и траектория носка рабочего органа. Он получает возможность быстро выглубляться, обходя препятствие. Так образуется предохранительный эффект, препятствующий поломке стойки при встрече с препятствием.

Рабочий орган почвообрабатывающего орудия по патенту РФ № 2141183 (рисунок 1.9) содержит стойку с лапой. Стойка шарнирно закреплена на раме с помощью переднего и заднего кронштейнов. Кронштейны и соединены с помощью цилиндрической пружины, снабженной П-образной опорой, качающейся вокруг оси; направляющим звеном, винтовым регулировочным механизмом и упором.

Звено выполнено телескопическим – состоит из винта и резьбовой втулки с контргайкой. Винт подвижно расположен во втулке, приваренной к опоре. Задний кронштейн содержит вытянутый вперед элемент коробчатого типа, несущий переднюю крепежную часть стойки. Коробчатый элемент закреплен на оси шарнира с возможностью подъема-поворота, ограниченного упором, жестко смонтированным на переднем кронштейне. Упор смещен назад от линии, соединяющей оси и шарниров переднего кронштейна. Стойка выполнена из полосы упругой стали, имеет С-образную форму в передней части, зафиксированную в коробке с помощью болтового соединения. Коробка приварена к верхней пластине, выдвинутой назад. В задней части пластины имеются резьбовые отверстия для установочных штифтов, симметрично расположенных относительно продольной оси стойки.

При встрече лапы с препятствием сопротивление резко возрастает, и стойка начинает подъем-поворот в направлении стрелки В вокруг оси шарнира. Высота подъема стойки ограничена упором, с которым сталкивается пластина в верхнем положении рабочего органа. Так как упор сдвинут назад, звено не достигает мертвого положения, которое соответствует расположению звена на линии, соединяющей оси шарниров.

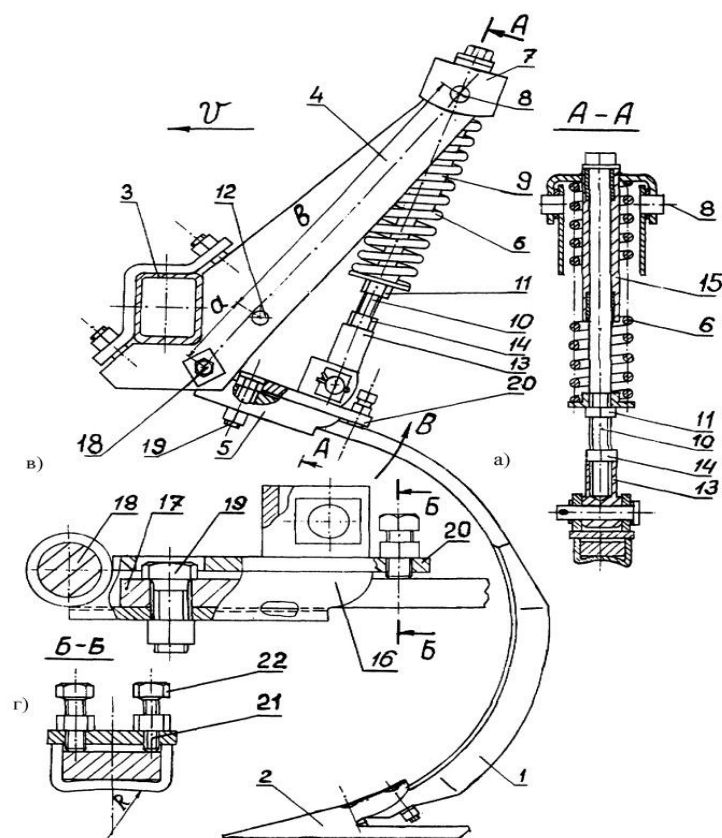
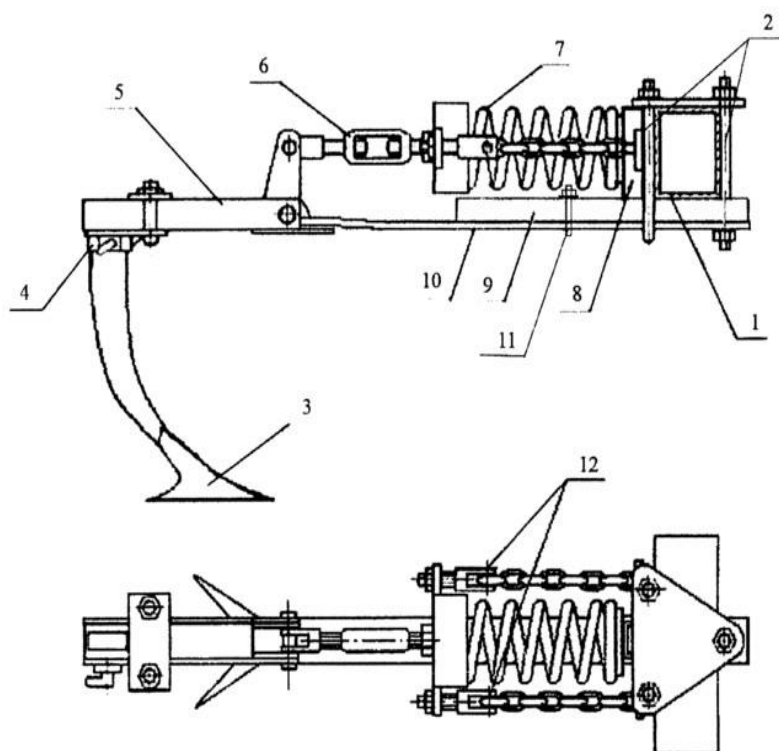


Рисунок 1.9 – Рабочий орган почвообрабатывающего орудия по патенту РФ №2141183: 1 – стойка; 2 – лапа; 3 – рама; 4 – передний кронштейн; 5 – задний кронштейн; 6 – пружина; 7 – опора; 8 – ось; 9 – направляющее звено; 10 – винт; 11, 14 – контргайка; 12 – упор; 13 – резьбовая втулка; 15 – втулка; 16 – коробчатый элемент; 17 – передняя крепежная часть; 18 – соединяющая ось; 19 – болтовое соединение; 20 – верхняя пластина; 21 – резьбовое отверстие

На рисунке 1.10 изображен один из вариантов секции культиватора, оснащенной упругим грядителем по патенту РФ № 2376739. Секция крепится к раме при помощи скоб и содержит культиваторную стойку, закрепленную с помощью держателя 4 на заднем плече рычага. Верхнее плечо рычага соединено посредством регулируемой тяги с пружиной, установленной на опоре 8, которая крепится на ограничителе. Под ограничителем расположен упругий грядитель с шарнирно прикрепленным рычагом. Упругий грядитель прижат к ограничителю скобами. Регулировка предохранительной пружины производится натяжными устройствами.



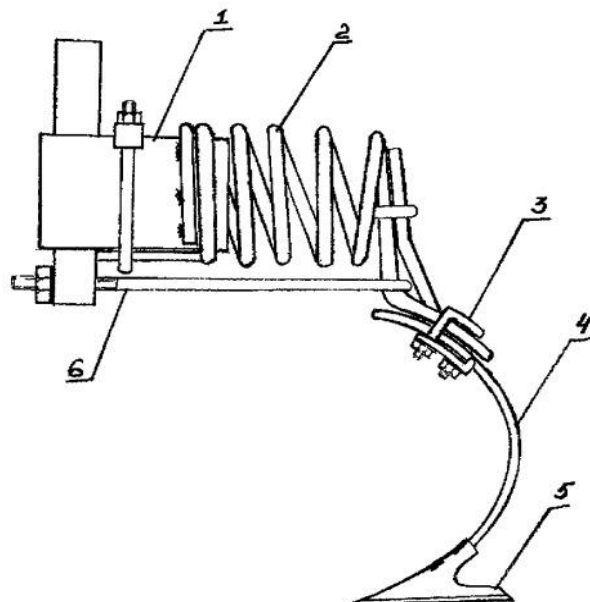
*Рисунок 1.10 – Секции культиватора, оснащенная упругим грядилем по патенту РФ № 2376739: 1 – рама; 2, 11 – скобы; 3 – стойка; 4 – держатель; 5 – рычаг; 6 – регулируемая тяга; 7 – пружина; 8 – опора; 9 – ограничитель; 10 – Упругий грядиль; 12 – натяжное устройство*

Работает секция следующим образом. При встрече рабочего органа с небольшими камнями рычаг поворачивается вокруг шарнирного крепления упругого грядиля. Благодаря тому, что упругий грядиль уже напряжен, шарнир, расположенный в месте соединения упругого грядиля с рычагом, остается на месте. Пружина сжимается и рабочий орган углубляется. После прохода препятствия под действием сил упругости пружины, посредством тяги и верхнего плеча рычага, рабочий орган возвращается в начальное положение.

Секция культиватора по патенту РФ № 2280343 состоит из держателя (рисунок 1.11), на который одета продольная пружина, один конец которой закреплен к держателю, а другой конец (хвостовик) загнут по С-образной форме, и к нему хомутом крепится С-образная стойка с лапой. Последний виток пружины регулировочным болтом 6 соединен с держателем.

В процессе обработки почвы пружина и стойка совершают колебательные движения в горизонтальной плоскости, так как на лапу действует сила сопротивления почвы. В зависимости от типа обраба-

тываемой почвы и степени ее засоренности камнями упругость пружины можно изменить. При изменении упругости пружины соответственно изменяется угол клина, чтобы сохранить его, достаточно освободить хомут, которым закреплена стойка, и выставить нужный угол клина лапы.

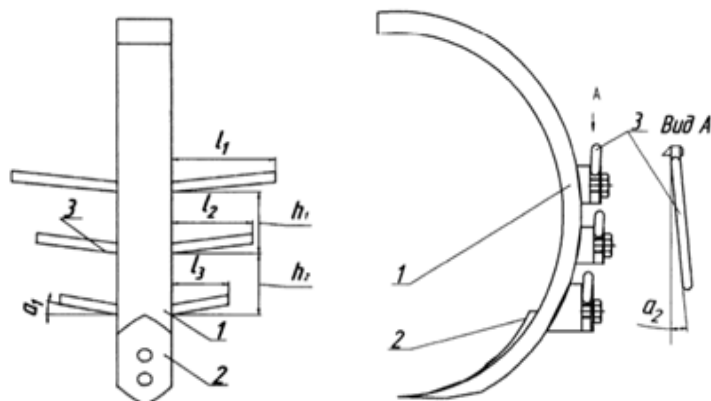


*Рисунок 1.11 – Секция культиватора по патенту РФ № 2280343:  
1 – держатель; 2 – продольная пружина; 3 – хомут;  
4 – стойка; 5 – лапа; 6 – регулировочный болт*

Комбинированная рыхлительная лапа культиватора по патенту РБ№ 7065 работает следующим образом. Пружинная стойка комбинированной рыхлительной лапы с наконечником рыхлит, перемещивает почву с растительными остатками, а пружинные рыхлительные зубья, расположенные на тыльной стороне комбинированной рыхлительной лапы, способны во время работы дополнительно рыхлить и равномерно перемешивать почву между комбинированными рыхлительными лапами, создавая мелкокомковатый слой почвы, разрушая комки и глыбы.

При работе комбинированной рыхлительной лапы в почве образуются маленькие комочки, разрушаются поры в почве, что способствует удержанию влаги. При попадании пружинных рыхлительных зубьев 3 в более плотные слои почвы они вибрируют и под действием сил сопротивления почвы отклоняются назад, уменьшая при этом тяговое сопротивление почвы. Почва, попадая в зону действия пружинных рыхлительных зубьев 3, разбивается на мелкокомковатую

структуру, а колебание пружинных рыхлительных зубьев 3 увеличивает зону их воздействия на почву.



*Рисунок 1.12 – Комбинированная рыхлительная лапа с пружинными зубьями по патенту РБ № 7065: 1 – рыхлительная лапа; 2 – наконечник; 3 – пружинные рыхлительные зубья*

#### 1.4 Выводы по разделу

Обзор и анализ конструкций машин для поверхностной обработки почвы показал, что в настоящее время разработано множество машин и рабочих органов различного типа, но для качественного выполнения операций по агротехническим требованиям культиваторы зачастую комплектуют дополнительными орудиями (бороны, катки и т.д.). Поэтому вопрос применения культиваторов, позволяющих за один проход выполнять все операции, согласно агротехническим требованиям, является актуальным.

Проведенный анализ конструкций перспективных машин также показал, что при поверхностной обработке почвы современными культиваторами, происходит слабое крошение почвы и не полное подрезание сорняков. За счет большого тягового сопротивления повышен расход топлива тракторов. Исходя из вышесказанного, нами предлагается модернизация культиватора КШУ-12 заменой рабочих органов на более совершенные.

## **2 Конструкторская разработка**

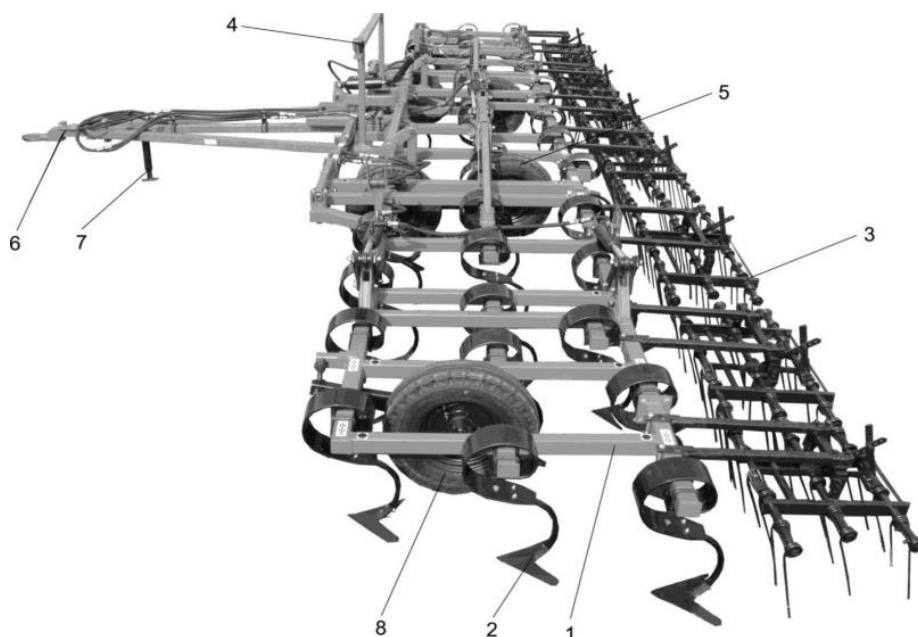
### **2.1 Агротехнические требования, предъявляемые к культивации почвы**

Предпосевная обработка почвы имеет целью предохранение почвы от испарения влаги, уничтожение сорной растительности, создание на поверхности разрыхленного слоя, благоприятствующего прорастанию семян, и некоторое выравнивание поверхности почвы. Основные технологические процессы предпосевной обработки почвы: – боронование, шлейфование, культивация, дискование, каткование – могут применяться в различных сочетаниях и последовательности в зависимости от почвенно-климатических условий, культуры и состояния поля перед обработкой. Основные агротехнические требования к предпосевной обработке почвы сводятся к следующему:

- разрушение почвенной корки и равномерное рыхление верхнего слоя при бороновании на глубину 4...5 см, при культивации на заданную глубину от 6 до 14 см с допустимым отклонением не более 10 %;
- полное крошение глыб на мелкие комочки поперечником не более 3 см; нижние влажные слои почвы при обработке не должны выворачиваться на поверхность поля;
- полное подрезание сорняков;
- выровненность поверхности поля после обработки; высота гребней на поверхности обработанного поля не должна превышать 4 см, что имеет значение с точки зрения уменьшения испарения влаги;
- отсутствие огрехов на обработанном поле; поворотные полосы должны быть обработаны.

### **2.2 Описание конструкторской разработки**

Культиватор КШУ-12 (рисунок 2.1) представляет собой широкозахватную прицепную машину с шарнирно-секционной рамой, с трехрядным расположением рабочих органов, с заравнивающим приспособлением в виде пружинных (роторных) борон.

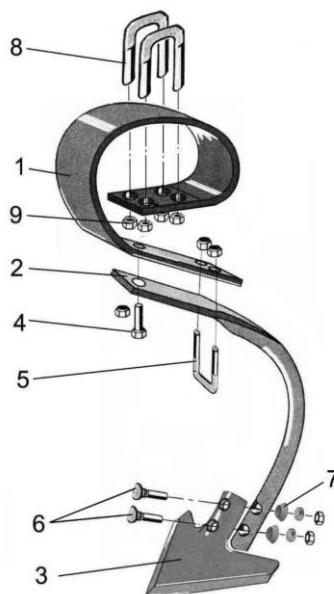


*Рисунок 2.1 – Общий вид культиватора КШУ-12: 1 – рама; 2 – секция рабочих органов; 3 – борона пружинная трехрядная; 4 – фиксатор; 5 – спаренные колеса; 6 – сница; 7 – подставка сницы; 8 – колеса боковых секций*

Культиватор агрегатируется за прицепное устройство трактора посредством сницы 6. На снице шарнирно крепится подставка 7, предназначенная для установки сницы на высоту прицепной скобы трактора. На боковом луче сницы расположена табличка с указаниями по технике безопасности. Колеса культиватора на пневматических шинах крепятся на кронштейнах. На центральной раме установлены спаренные колеса 5, на боковых секциях одинарные 8. Механизм подката колес центральной рамы культиватора состоит из гидроцилиндра, одним концом закрепленного на качалке механизма регулировки глубины хода рабочих органов, а другим на кронштейнах поворотных валов, и служит для выглубления рабочих органов культиватора на разворотных полосах во время работы и перевода культиватора в транспортное положение. Транспортные габариты культиватора до 4 м обеспечиваются складыванием рамы.

Рабочие органы – стрелчатые лапы имеют индивидуальное крепление к брусам рамы с помощью подвесок рабочих органов (рисунок 2.2) и выполняют обработку почвы на глубину до 6...12 см. В подвесках рабочих органов наличие упругой стойки 2 в сочетании с плоской пружиной 1 позволяет ему совершать в почве автоколебания, что ведет к снижению тягового сопротивления, а также позволяет рабочему органу самоочищаться от сорных растений. При наезде рабочего органа на препятствие стойка 2 отходит назад, при этом

плоская пружина 1 сжимается, а минуя препятствие стойка возвращается в исходное положение под воздействием сжатой пружины. Крепление лапы 3 к стойке осуществляется двумя болтами 6, вкладышами 7, шайбой и гайкой.



*Рисунок 2.2 – Рабочий орган культиватора КШУ-12 с S-образной стойкой; 1 – пружина плоская; 2 – стойка; 3 – лапа; 4 – болт с гайкой; 5 – скоба с гайками; 6 – болт, гайка с шайбой; 7 – вкладыш; 8 – скоба; 9 – гайка с шайбой*

Технологический процесс, выполняемый культиватором, заключается в следующем: при рабочем ходе культиватора по полю лапы рыхлят на заданную глубину поверхностный слой почвы, подрезают сорняки, а расположенное сзади выравнивающее приспособление выравнивает борозды, которые образуются от прохода рабочих органов.

Предлагаемая модернизация культиватора КШУ-12, заключающаяся в замене стандартных рабочих органов с S-образной стойкой на пружинные стойки с рыхлительными лапами, что позволяет улучшить качество обработки почвы без оборачивания, обеспечит максимальное сохранение влаги, а также равномерное рыхление и перемешивание почвы с растительными остатками, позволит создать более равномерный по ширине захвата верхний мелкокомковатый мульчированный слой на глубину заделки семян. Кроме этого, применение пружинных стоек с большим усилием срабатывания позволит применять культиватор КШУ не только на предпосевной обработке почвы, но и на сплошной и паровой культивации на большую глубину. За прототип рабочих органов модернизированного культиватора выбираем пружинную стойку культиватора Амазоне (рисунок 2.2, а)

с усилием срабатывания пружины 200 кг и рыхлительную лапу культиваторов КНК (рисунок 2.2, б).

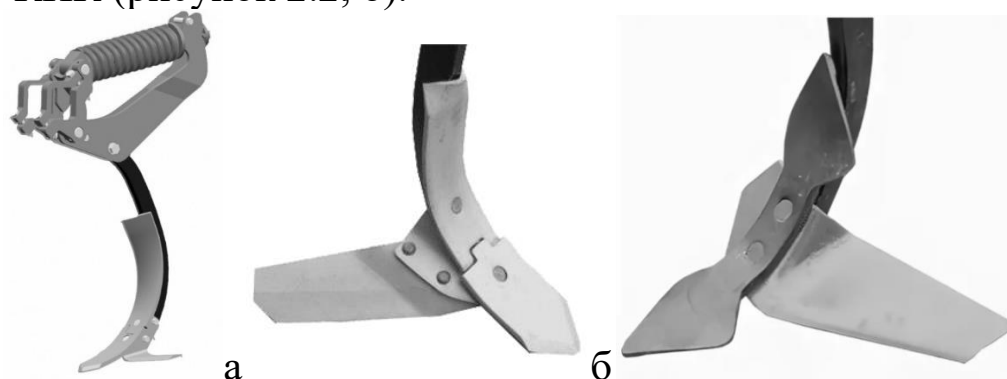


Рисунок 2.2 – Прототип для разработки рабочих органов для культиватора КШУ-12: а – пружинная стойка культиватора Амазоне; б – рыхлительная лапа культиватора КНК

В результате предложенных мероприятий разработана культиваторная стойка с рыхлительной лапой, представленная на рисунке 2.3.

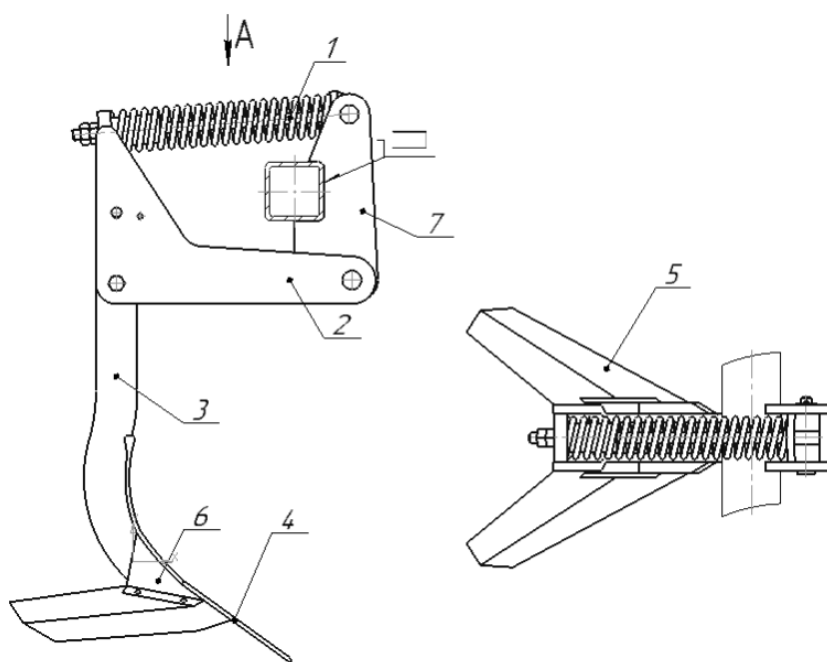


Рисунок 2.3 – Модернизированный рабочий орган культиватора КШУ-12: 1 – пружина; 2 – рычаг; 3 – стойка; 4 – лапа рыхлительная; 5 – лемех боковой; 6 – кронштейн бокового лемеха; 7 – кронштейн рычага

С целью исключения возможности смещения лапы по раме нами предлагается стандартный вариант крепления скобами М14 заменить на шарнирное крепление к приваренному к раме кронштейну.

## 2.3 Расчет тягового сопротивления модернизированного рабочего органа культиватора

Этот расчет начинается с определения сил, действующих на лапы переднего и задних рядов в соответствии с их шириной захвата глубиной обработки и типом почвы. В общем виде тяговое сопротивление одной лапы вычисляется по удельному сопротивлению  $q$ , и ширине захвата по выражению

$$R_x = q \cdot b, \quad (2.1)$$

где  $q$  – удельное сопротивление почвы, Н/мм;

$b$  – ширина захвата лапы, мм.

Принимаем  $q = 3,8$  Н/мм, так как предполагается предпосевная обработка глубиной 12 см. Выбираем ширину захвата максимальную  $b = 330$  мм. Сопротивление лап переднего ряда превышает сопротивление лап заднего ряда примерно в два раза. Это необходимо учитывать при определении тягового сопротивления отдельной лапы:

$$q_{пер} = 1,33 \cdot q \quad (2.2)$$

$$q_{зад} = 0,67 \cdot q \quad (2.3)$$

Тяговое сопротивление лап определяется по аналогии с выражением:

$$R_{x пер} = q_{пер} \cdot b_{пер} \quad (2.4)$$

$$R_{x зад} = q_{зад} \cdot b_{зад} \quad (2.5)$$

Помимо тягового сопротивления, на лапу действует еще вертикальная сила сопротивления почвы  $R_z$ . Коэффициент  $m = \operatorname{tg} \psi$  характеризующий отношение величины вертикальной слагающей сопротивления лапы  $R_z$  к горизонтальной  $R_x$ , в зависимости от остроты лезвия, твердости почвы и глубины обработки может изменяться в широких пределах и иметь как положительное, так и отрицательное значение. При глубине хода 10...12 см, средней влажности почвы применяется острое лезвие с углом  $\psi = 22^\circ \dots 28^\circ$ . Принимаем  $\psi = 25^\circ$ .

$$q_{пер} = 1,33 \cdot 3,8 = 5,05 \text{ Н/мм.}$$

$$q_{зад} = 0,67 \cdot 3,8 = 2,546 \text{ Н/мм.}$$

Вычисляем для первого и второго ряда лап культиватора  $R_{xz пер}$ :

$$R_{xz пер} = q_{пер} \cdot b_{пер} \cdot \cos 25^\circ = 5,05 \cdot 330 \cdot 0,906 = 1511 \text{ Н.}$$

Вычисляем для третьего и четвертого рядов лап культиватора  $R_{xz зад}$ :

$$R_{xz зад} = q_{зад} \cdot b_{пер} \cdot \cos 25^\circ = 2,546 \cdot 330 \cdot 0,906 = 929 \text{ Н.}$$

## 2.4 Обоснование параметров лемехов рыхлительной лапы

Угол раствора или скоса лезвия  $\gamma$  имеет большое значение для качества выполняемой лапой работы. На рыхлых клейких почвах часто наблюдается обволакивание лезвия лапы сорняками, ведущее к залипанию лапы землей и потере устойчивости хода агрегата. Обволакивание имеет место при больших значениях угла  $\gamma$ . При этом вырванные из почвы стебель и корни растений, перегнувшись на лезвии, начинают двигаться вместе с лапой. При движении лапы обволакивание все увеличивается, и наконец, лезвие бывает целиком окутано растительными остатками и теряет способность перерезать сорняки, поэтому угол  $\gamma$  надо выбирать таким, чтобы сорняки в процессе подрезания скользили вдоль лезвия.

При встрече с сорняком (рисунок 2.4 а) лезвие вдавливают его в почву и при недостаточной прочности корня и толщине режущей кромки не более 0,30 мм перерезает его. Однако в большинстве случаев лезвие лапы продолжает вдавливать корень сорняка в почву (рисунок 2.4, б), при этом корневая система сорняка еще не теряет связи с почвой, а верхняя часть уже втягивается в почву, и, наконец, верхняя и нижняя части корня, перегнувшись на лезвии и потеряв устойчивую связь с почвой, увлекаются крылом лапы (рисунок 2.4 в).

Только в первый момент встречи с корнем сорняка лезвие может перерезать или разорвать его, так как в последующих стадиях реакция «подпора» сорняка уменьшается до определенного предела. Так как при движении сорняка вместе с лезвием угол  $\varepsilon \rightarrow 0$  и  $\alpha \rightarrow \beta$ , уменьшается и сопротивление почвы перемещению сорняка. Для того чтобы корень был перерезан, лезвие должно иметь достаточные остроту и скорость.

Рассмотрим момент, когда корень сорняка потерял связь с почвой, перегнулся на лезвии и вместе с крылом лапы перемещается вперед (рисунок 2.5).

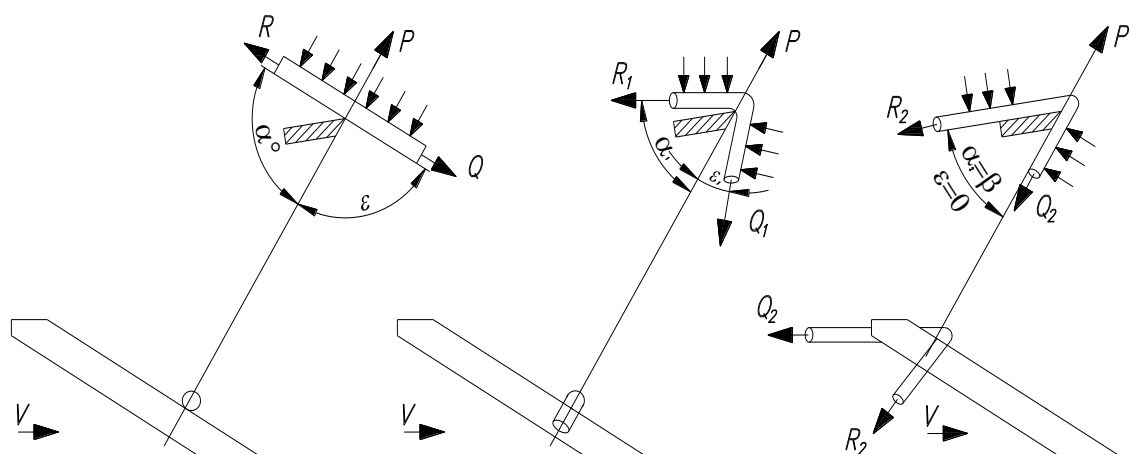


Рисунок 2.4 – Схема процесса подрезания корня сорняка лезвием лапы

Можно пренебречь лобовым сопротивлением участка корня, непосредственно соприкасающегося с лезвием, так как оно мало. Кроме того, впереди клина образуется уплотненное ядро почвы, которое, в свою очередь, работает как клин и до некоторой степени уменьшает лобовое сопротивление рассматриваемого участка корня.

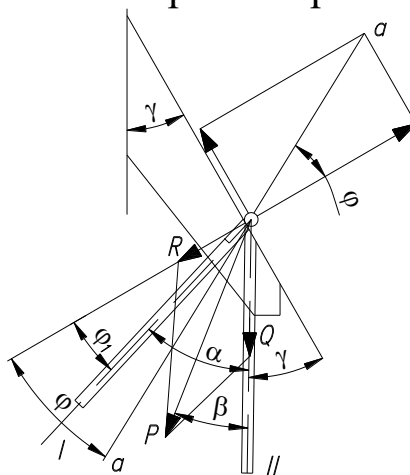


Рисунок 2.5 – Схема действия лапы на корень сорняка

Слой почвы увлекает за собой верхний конец I корня по направлению действия силы  $R$ , нижний конец II корня натягивается с силой  $Q$  и располагается параллельно направлению движения лапы. Таким образом, участок корня, соприкасающийся с режущей кромкой лезвия, находится под действием основных сил  $R$  и  $Q$ , и в данном случае – уже незначительной лобовой силы, которые приводят к скольжению корня вдоль режущей кромки лезвия.

Скольжение наступает в случае, если равнодействующая сила  $P$  составляющих  $R$  и  $Q$  проходит вне угла трения  $\varphi$  корня о лезвие лапы (линия  $a$  –  $a$  является границей угла трения  $\varphi$ ). Вектор силы  $Q$  состав-

ляет с лезвием лапы угол  $\gamma$ . Предельным положением силы  $P$ , когда еще может иметь место скольжение корня по лезвию лапы, является положение, при котором сила  $P$  направлена по линии  $a - a$ , т.е. когда

$$\gamma = 90^\circ - \varphi - \beta \text{ или } \gamma = 90^\circ - (\varphi + \beta), \quad (2.6)$$

где  $\beta$  – угол между равнодействующей силой и направлением движения лапы.

Для простоты расчета допустим, что  $R = Q$ . Тогда:

$$\beta = \alpha/2, \quad (2.7)$$

где  $\alpha$  – угол между векторами силы  $R$  и  $Q$ .

При предельном положении силы  $P$ :  $\beta = \varphi - \varphi_1$ . Подставляя это значение  $P$  в выражение, получим:

$$\gamma = 90^\circ - (\varphi_2 - \varphi_1). \quad (2.8)$$

Угол  $\varphi_1$  как угол внутреннего трения почвы о почву можно принять равным приблизительно  $30^\circ$ .

Таким образом, для обеспечения резания со скольжением необходимо соблюдать условие  $\gamma \leq 90^\circ - (\varphi + \beta)$  или  $\gamma \leq 90^\circ - (\varphi_2 - \varphi_1)$ .

На основании опытных данных угол трения корня сорняка о лезвие лапы  $\varphi \approx 45^\circ$ . Тогда условие резания со скольжением можно представить в виде  $2\gamma \leq 60^\circ$ :

$$\gamma = 90^\circ - (2 \cdot 45 - 30) = 30^\circ.$$

Коэффициент скольжения определяем из выражения:

$$i = \frac{\sin[(90^\circ - \gamma) - \lambda]}{\sin \gamma} = \frac{\cos(\gamma + \lambda)}{\sin \gamma}, \quad (2.9)$$

где  $\gamma$  – половина угла раствора лапы,

$\lambda$  – угол трения почвы о металл,  $\lambda = 25^\circ$ .

Угол раствора лапы  $2\gamma$  связан с течением почвы. В нашем случае угол раствора лапы равен  $60^\circ$ . Отсюда:

$$i = \frac{\cos(30^\circ + 25^\circ)}{\sin 30^\circ} = 1,15$$

Определение угла резания: Угол резания  $\beta_0$ , образуемый верхней фаской лезвия и горизонтальной плоскостью складывается из двух углов – угла заострения  $\kappa$  и затылочного угла  $\varepsilon$ :

$$\beta_0 = \kappa + \varepsilon. \quad (2.10)$$

Угол заострения  $\kappa$  обычно равен  $12...15^\circ$ . Затылочный угол  $\varepsilon$  составляет примерно  $10^\circ$ . Поэтому:

$$\beta_0 = (12...15^\circ) + 10^\circ = 22...25^\circ.$$

## 2.5 Расчет силы затяжки гайки фиксации пружины

При завинчивании гайки М10 до появления в стержне болта напряжений, равных пределу текучести  $\sigma_T = 320$  МПа. Коэффициент трения в резьбе и на торце гайки  $f = 0,15$ .

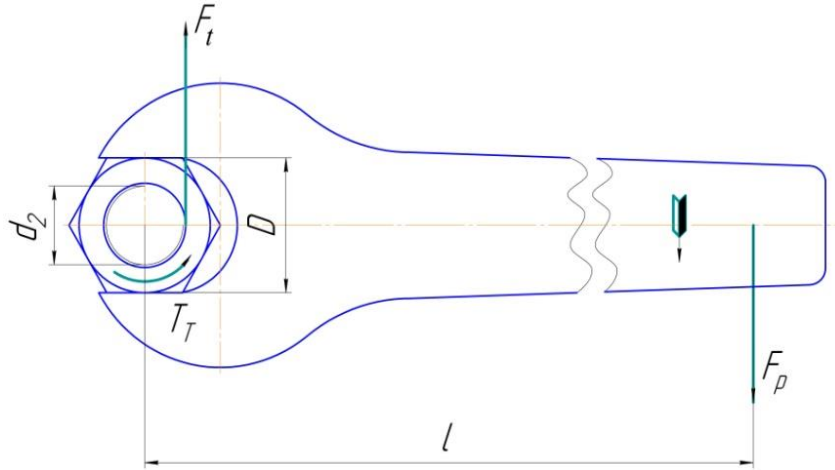


Рисунок 2.4 – Схема для определения момента завинчивания

Принимаем для резьбы М10 шаг  $P = 1,25$  мм; средний диаметр резьбы  $d_2 = 9,188$  мм; внутренний диаметр резьбы  $d_1 = 8,647$  мм.

Осевая сила  $F_a$ , при которой в стержне болта возникает напряжение, равное пределу текучести:

$$F_a = \frac{\pi d_1^2 \cdot \sigma_T}{1,3 \cdot 4} = \frac{3,14 \cdot 8,647^2 \cdot 320}{1,3 \cdot 4} = 14447 \text{ Н}$$

Приведенный коэффициент трения:

$$f' = \frac{f}{\cos \alpha/2} = \frac{0,15}{\cos 30^\circ} = 0,173$$

Приведенный угол трения:

$$\varphi' = \arctg f' = \arctg 0,173 = 9^\circ 50'$$

Угол подъема резьбы:

$$\tg \psi = \frac{P}{\pi d_2} = \frac{1}{3,14 \cdot 9,188} = 0,03 \quad \psi = 5^\circ 23'$$

Момент завинчивания, приложенный к гайке:

$$T_{зав} = F_a \cdot \frac{d_2}{2} \left[ \tg(\psi + \varphi') + \frac{f(D + d_0)}{4} \right] = 14447 \cdot \frac{9,188}{2} \left[ \tg(5^\circ 23' + 9^\circ 50') + \frac{0,15(10 + 8)}{4} \right] = 17256,74 \text{ Н}$$

Сила  $F_p$ , которую необходимо приложить к ключу:

$$F_p = \frac{T_{зав}}{l} = \frac{T_{зав}}{15d} = \frac{17256,74}{15 \cdot 10} = 115 \text{ Н}$$

### 3 Настройки и регулировки модернизированной машины и техника безопасности при ее эксплуатации

#### 3.1 Настройка и регулировка культиватора КШУ-12

Механизм регулировки глубины хода рабочих органов центральной рамы культиватора представляет собой винтовую пару, которая через качалку связана с гидроцилиндром. При вкручивании или выкручивании винта изменяется положение гидроцилиндра, через механизм подката меняется положение колес относительно рамы и тем самым изменяется глубина обработки. Один полный оборот винта соответствует изменению глубины обработки почвы на 15 мм.

Рабочие органы модернизированного культиватора крепятся к приваренным к брусу рамы кронштейнам посредством двух болтов, что исключает ошибку при расстановке рабочих органов. Крепление рыхлительной лапы к стойке осуществляется двумя болтами. При сборке рекомендуется после затяжки гаек болты осадить молотком, затем подтянуть гайки.

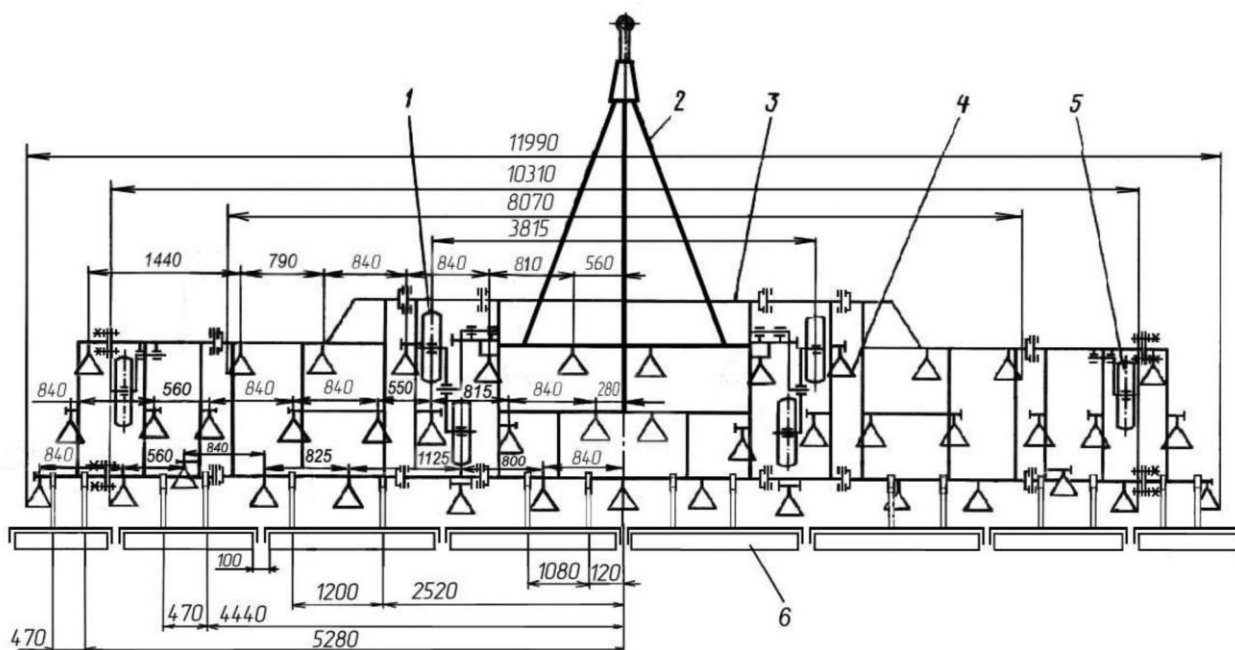


Рисунок 3.1 – Схема расстановки рабочих органов модернизированного культиватора КШУ-12: 1 – механизм подката; 2 – спица; 3 – рама; 4 – подвеска; 5 – колесо; 6 – борона роторная

Регулировку культиватора на заданную глубину обработки производите следующим образом: Установите культиватор на регулиро-

вочной площадке, оперев его на опорные колеса. Винтом регулировки глубины хода рабочих органов и винтом подставки выставьте нижнюю плоскость рамы культиватора от поверхности регулировочной площадки в горизонтальной плоскости на один размер в диапазоне 540...550 мм.

Для увеличения глубины обработки винтами механизмов регулировки поднимите колеса от опорной поверхности на разницу между необходимой и имеющейся глубиной. Обеспечьте горизонтальное положение спицы с помощью винта подставки. Во избежание возникновения больших усилий при выглублении рабочих органов центральной рамы, необходимо в поле опустить культиватор на рабочие органы, произвести выглубление. При необходимости повторите подъем - опускание культиватора с последующим выглублением.

### **3.2 Техника безопасности при работе культиватора КШУ-12**

Общие требования безопасности. Настоящая инструкция предназначена для трактористов, занятых обработкой почвы. К работе на тракторе в агрегате с культиватором допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие права и прошедшие инструктаж по безопасной работе. Не допускаются к работе лица, находящиеся в нетрезвом состоянии. Культиватор разрешается эксплуатировать только в технически исправном состоянии и при наличии защитных кожухов карданных валов и цепных передач.

Требования безопасности перед началом работы. Перед началом работы убедитесь в полной исправности комплектности агрегируемой почвообрабатывающей машины (орудие), а также в наличии и исправности приспособлений для очистки рабочих органов. Проверьте надежность соединений агрегируемых почвообрабатывающих машин с трактором и между отдельными орудиями. Перед началом движения трактора с культиватором механизатор должен убедиться в отсутствии людей впереди агрегата.

Перед выездом в поле машинно-тракторный агрегат должен быть укомплектован исправным инструментом, чистиками и т.д. Транспортная скорость культиватора составляет не более 20 км/ч. При переездах по полям скорость не должна превышать 12 км/ч, а при езде под уклон – не более 4 км/ч.

Максимальный уклон при работе и транспортировке не должен

превышать 12°. Все наладочные операции выполнять на машине, поставленной на стояночный тормоз, при заглушенном двигателе.

Требования безопасности во время работы. Перед началом движения в загоне переведите агрегат из транспортного положения в рабочее, сделайте пробный заезд, в процессе которого отрегулируйте глубину обработки, угол установки и вылет маркеров. Устраните недостатки в расстановке рабочих органов по ширине междурядья. Заглубление рабочих органов производите на ходу агрегата. Гидроподъемник включайте с сиденья трактора. Перед включением гидроподъемника убедитесь, что в зоне подъема рабочих органов нет людей, и подайте звуковой сигнал.

При использовании тракторов, имеющих раздельно-агрегатную гидросистему, не поднимайте почвообрабатывающую машину (орудие) в транспортное положение с включенным валом отбора мощности трактора, не включайте его в транспортном положении почвообрабатывающей машины (орудия). Во время работы агрегатов не садитесь на балластные ящики дисковых луцильников, дисковых борон или других орудий.

Поворот агрегата на концах гона осуществляйте только с поднятым в транспортное положение орудием. Не сдавайте агрегат назад с заглубленными рабочими органами. Транспортировку прицепных культиваторов осуществляйте только после фиксации механизма подъема транспортными тягами.

При замене рабочих органов установите раму орудия (или отдельной секции) на прочные подставки, исключающие опускание орудия. Перед поворотом трактора с поднятым в транспортное положение орудием убедитесь, что в радиусе движения орудия не находятся люди.

Требования безопасности по окончании работы. По окончании смены рабочему необходимо:

- очистить, привести в порядок инструмент, оборудование, механизмы, поместить их на хранение в отведенные места.
- снять обмундирование, спецодежду и обувь, очистить и освободить их от пыли, поместить на хранение.
- обо всех замечаниях по работе сообщить должностному лицу и занести замечания в журнал административно – общественного контроля по охране труда.

Требования безопасности в аварийных ситуациях. Прекратить

работу при скорости ветра более 11 м/сек., в грозу, в период ливневых дождей и при густом тумане (видимость менее 50 м). Требования противопожарной безопасности предъявляются в соответствии с ГОСТ 12.1.032-81:

- не допускается в процессе работы культиватора трения карданных валов и цепных передач о защитные кожухи или раму культиватора во избежание искрения и возгорания;
- необходимо проводить регулярную очистку культиватора от растительных остатков и содержать машинно-тракторный агрегат в чистоте;
- запрещается размещать на тракторе или культиваторе дополнительные емкости с топливо-смазочными материалами;
- промасленная пакля и обтирочный материал должны храниться в металлических ящиках с закрывающимися крышками;
- выхлопная труба трактора должна быть оборудована искрогасителем;
- трактор должен быть оборудован средствами пожаротушения (ручными огнетушителями типа ОХП-10 или ОВП-10, кошмой, лопатой).

При несчастном случае оказать пострадавшему доврачебную помощь, при необходимости принять меры к доставке его в медицинское учреждение, о случившемся сообщить администрации, по возможности сохранить обстоятельства случая.

## Заключение

1. Анализ современного состояния вопроса механизации поверхностной обработки почвы показал, что существующие культиваторы и почвообрабатывающие агрегаты не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к качеству поверхностной обработки почвы.

Патентный обзор конструкций рабочих органов машин для поверхностной и предпосевной обработки почвы показал, что в настоящее время разработано множество машин и рабочих органов различного типа, но для качественного выполнения операций по агротехническим требованиям культиваторы зачастую комплектуют пружинными стойками. Проведенный патентный обзор рабочих органов культиваторов, направленных на устранение выявленных недостатков серийных почвообрабатывающих машин, позволил определить перспективное направление модернизации культиватора КШУ-12.

2. Для устранения недостатков на культиваторе КШУ-12 вместо стандартных стрельчатых лап на S-образных стойках предлагается установить разработанные пружинные стойки с рыхлительными лапами, что позволит повысить крошение почвы, выравненность поверхности поля, дна борозды и перемешивание почвы с растительными остатками, обеспечит возможность культивации почвы на глубину до 15 см. Проведенные расчеты элементов конструкции разрабатываемой рыхлительной лапы свидетельствуют о ее работоспособности.

3. Представленные основные регулировки модернизированного культиватора КШУ-12 позволят сделать технологический процесс поверхностной обработки почвы более качественным и соответствующим агротехническим требованиям.

Разработанные мероприятия по технике безопасности при работе модернизированной машины позволят сделать технологический процесс поверхностной обработки почвы безопасным для исполнителя.

## Содержание

Введение.....	
1. Современное состояние вопроса поверхностной обработки почвы.....	
1.1 Технологии поверхностной обработки почвы.....	
1.2 Обзор машин для поверхностной обработки почвы.....	
1.3 Патентный обзор конструкций рабочих органов культиваторов.....	
1.4 Выводы по разделу.....	
2. Конструкторская разработка.....	
2.1 Агротехнические требования, предъявляемые к культивации почвы.....	
2.2 Описание конструкторской разработки.....	
2.3 Расчет тягового сопротивления модернизированного рабочего органа культиватора.....	
2.4 Обоснование параметров лемехов рыхлительной лапы.....	
2.5 Расчет силы затяжки гайки фиксации пружины.....	
3 Настройки и регулировки модернизированной машины и техника безопасности при ее эксплуатации.....	
3.1 Настройка и регулировка культиватора КШУ-12.....	
3.2 Техника безопасности при работе культиватора КШУ-12.....	
Заключение.....	
Содержание.....	
Литература.....	
Приложения.....	

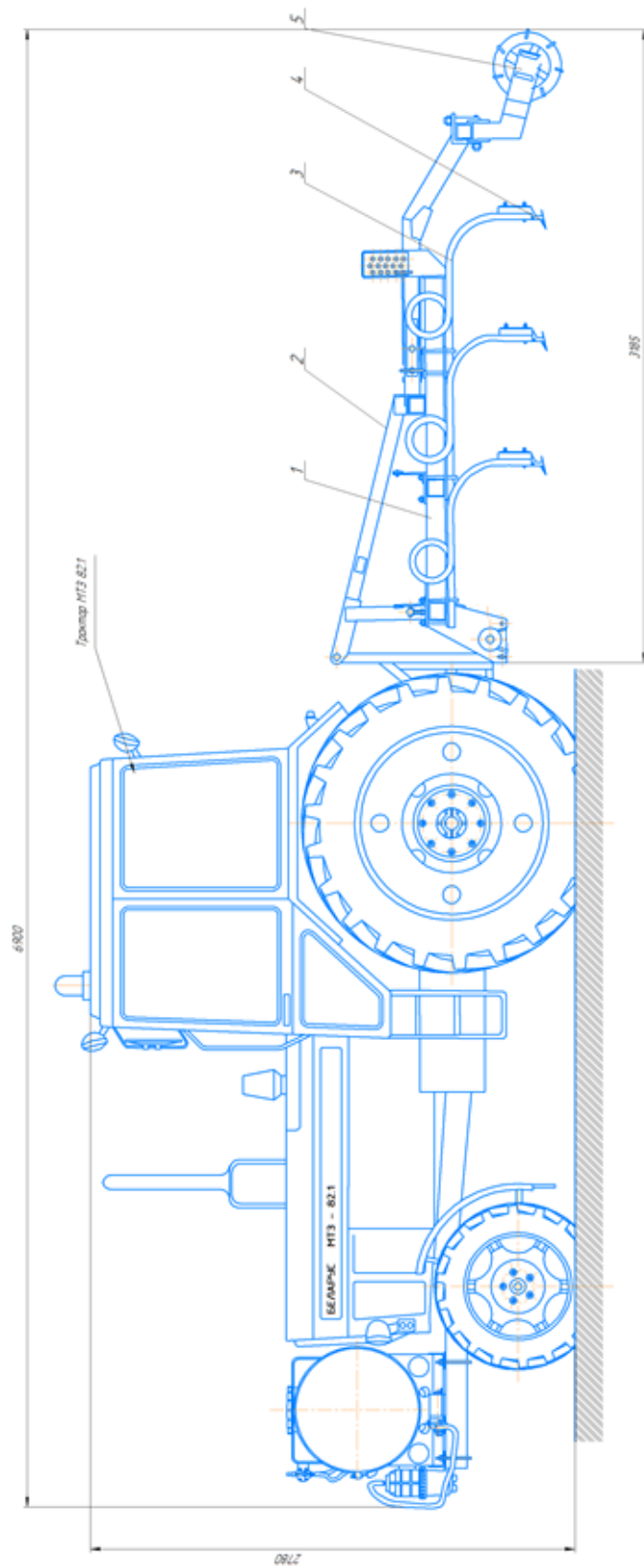
## Литература

1. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – Москва: КолосС. – 2003. – 624 с.
2. Добышев, А.С. Современные почвообрабатывающие машины / А.С. Добышев, В.Р. Петровец. – Минск: Ураджай, 2003. – 202 с.
3. Коренев, Г.В. Интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур / Г.В. Коренев, Г.Г. Гатаулина, А.И. Зинченко. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 301 с.
4. Капустин, В.П. Сельскохозяйственные машины: лабораторные работы. Ч.1 / В.П. Капустин, Д.Н. Коновалов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 32 с.
5. Рыбалкин, П.Н. Агротехнические требования к основным технологическим операциям и новые технические средства для их выполнения / П.Н. Рыбалкин, П.П. Васюков, К.А. Сохт. – Краснодар: Агропромполиграфист, 2000. – 96 с.
6. Хромов, В.Н. Курсовое и дипломное проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения: учеб. пособие для вузов / В.Н. Хромов, А.М. Колокатов, Т.С. Прокошина. – Москва: КолосС, 2010. – 271 с.
7. Сравнительный анализ технического уровня культиваторов по результатам испытаний на машиноиспытательных станциях [электронный ресурс]. URL – <http://sistemamis.ru/protocols/> (дата обращения (10.10.2021)).
8. Патент № 2525726 РФ. Рабочий орган для поверхностной обработки почвы /В.Г. Абезин, А.Н. Цепляев, С.Е. Греков, М.А. Перепелкин – № 2010142327/13; заяв. 15.10.2010; опуб. 10.04.2012.
9. Патент № 2141183РФ. Устройство для противоэрозионной обработки почвы /В.И. Таранин, С.И. Камбулов. – № 2008110761/12; заяв., 20.03.2008; опуб. 10.09.2009
10. Патент № 2376739 РФ. Рабочий орган для обработки почвы / В.Н. Слесарев, А.И. Дремов, В.П. Колинко и др.– 2008102698/22; заяв. 23.01.2008; опуб. 27.05.2008.
11. Патент № 2153788 РФ. Рабочий орган для поверхностной обработки почвы /В.Г. Абезин, А.Н. Цепляев, С.Е. Греков, М.А. Перепелкин – № 2010142327/13; заяв. 15.10.2010; опуб. 10.04.2012.

12. Патент № 2280343 РФ. Рабочий орган для обработки почвы / В.Н. Слесарев, А.И. Дремов, В.П. Колинко и др. – 2008102698/22; заявл. 23.01.2008; опубл. 27.05.2008.
13. Патент № 7065 РБ. Комбинированная рыхлительная лапа / В.И. Клименко, В.Р. Петровец, В.Л. Самсонов и др. №20100605. заявл. 06.07.2010; опубл. 28.02.2011.
14. Рабочие органы культиваторов. URL – <http://poleznauyamodel.ru> (дата обращения (10.10.2021)).
15. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т./ В.И. Анурьев; под ред. И.Н. Жестковой. – Москва: Машиностроение, 2006. – Т.1.– 928 с.
16. Ерохин, М.Н. Детали машин и основы конструирования / М.Н. Ерохин, А.В. Карп, Е.И. Соболев; под ред. М.Н. Ерохина. – Москва: КолосС, 2005. – 462 с.
17. Предпосевная обработка почвы. URL – [http://agronomiy.ru/predposevnaya\\_obrabotka\\_pochvi](http://agronomiy.ru/predposevnaya_obrabotka_pochvi) (дата обращения (10.10.2021)).
18. Культиваторы Lemken Korund. URL – <http://agrodelo.com.ua/tehnika/kultivator-lemken-sistema-korund.html> (дата обращения (10.10.2021)).
19. Рабочие органы культиваторов Беллота. URL – <http://www.agroserver.ru/b/rabochie-organy-belotta> (дата обращения (10.10.2021)).
20. Беляков, Г.И. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: Учебник для бакалавров / Г.И. Беляков. – Москва: Юрайт, 2012. – 572 с.
21. Коробко, В.И. Охрана труда: Учебное пособие для студентов вузов / В.И. Коробко. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 239 с.

*(Пример выполнения курсового проекта №1)*

## ПРИЛОЖЕНИЯ



### Техническая характеристика

Тип	насосной
Мощность	120 л.с.
Ширина захвата	Рабочая ширина 5,4 м
Глубина обработки	3-18 см
Вес следа корпуса	270 мм
Количество стоек	15 шт.
Производительность	до 5 га/час
Рабочая скорость	8-12 км/час

[illegible]









Перв. примен.

Справ. №

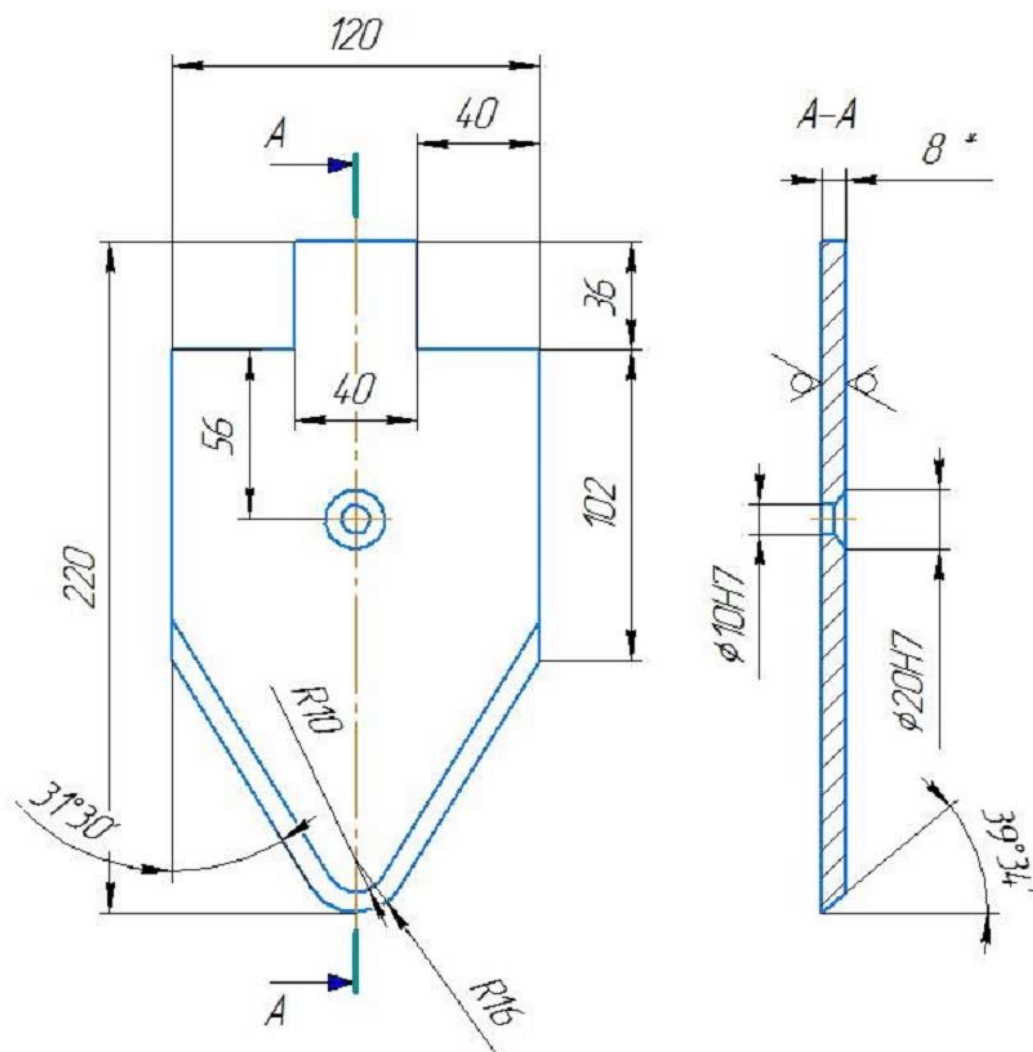
Подп. и дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

КП.СХМ.21.15-01.03.00.04

 $\sqrt{Rz40}$  (✓)

1. IT 14/2
2. \*Размер для справок

КП.СХМ.21.15-01.03.00.04

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Арестович А.Р.		
Пров.		Калабушев А.Н.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

**Долото**Лента 65Г-2П-К-8  
ГОСТ 21996-76

Лит.	Масса	Масштаб
	1,45	1:2
Лист	Листов	1

ПГАУ, 331 гр.

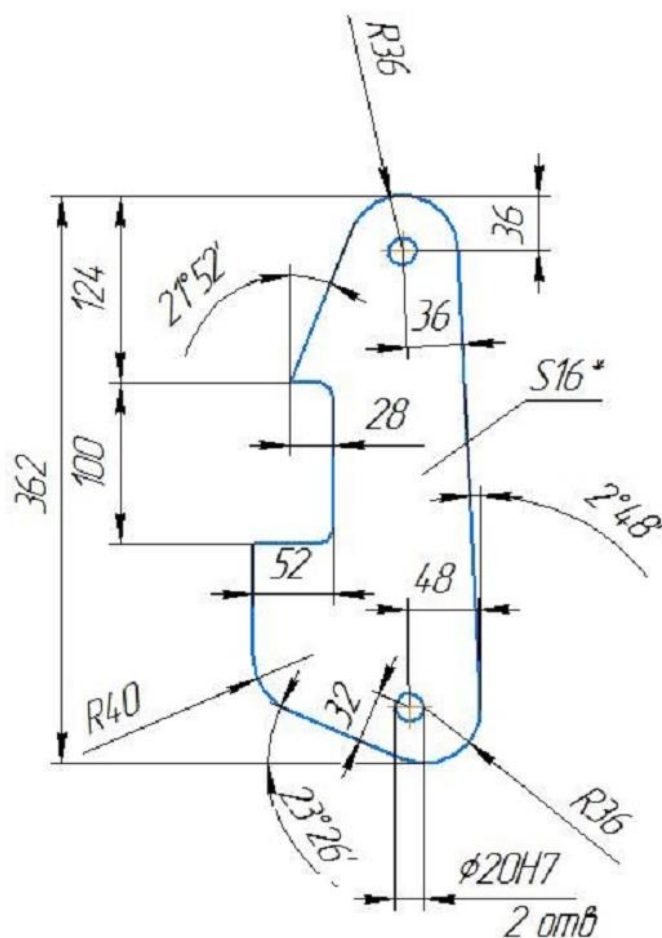
Копировал

Формат А4

$\sqrt{Rz80} \quad (\checkmark)$ 

Перв. примен.

Справ. №



1. IT 14/2
2. \*Размер для справок

КП.СХМ.21.15-01.03.00.07

Инв. № подл.	Подп. и дата					КП.СХМ.21.15-01.03.00.07					
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кронштейн				
		Разраб.		Арестович А.Р.							
		Пров.		Калабушев А.Н.							
				Т. контр.					Лит.	Масса	Масштаб
								2,1	1:4		
							Лист	Листов 1			
	Н.контр.						Лист Б-ПН-О-16 ГОСТ 19903-74 Стэлс ГОСТ 14637-89				
	Утв.										
							ПГАУ, 331 гр.				

# Кронштейн

Лит.	Масса	Масштаб
	2,1	1:4
Лист	Листов	1

Лист 5-ПН-О-16 ГОСТ 19903-74  
Стр. 3 из 3 ГОСТ 14637-89

Лист	Листов 1
ПГАУ, 331 гр.	

Копировал

Формат А4

КП.СХМ.21.15-01.03.00.02

√ Rz80 (✓)

Справ. №

Перв. примен.

1. IT 14/2  
2. \*Размер для справок

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>КП.СХМ.21.15-01.03.00.02</p> <p><b>Кронштейн</b></p> <p>Б-ПН-0-16 ГОСТ 19903-74 Стэнс ГОСТ 14637-89</p>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Арестович А.Р.					3,5	1:4
Пров.		Калабушев А.Н.						
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.						ПГАУ, 331 гр.		
Утв.								

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

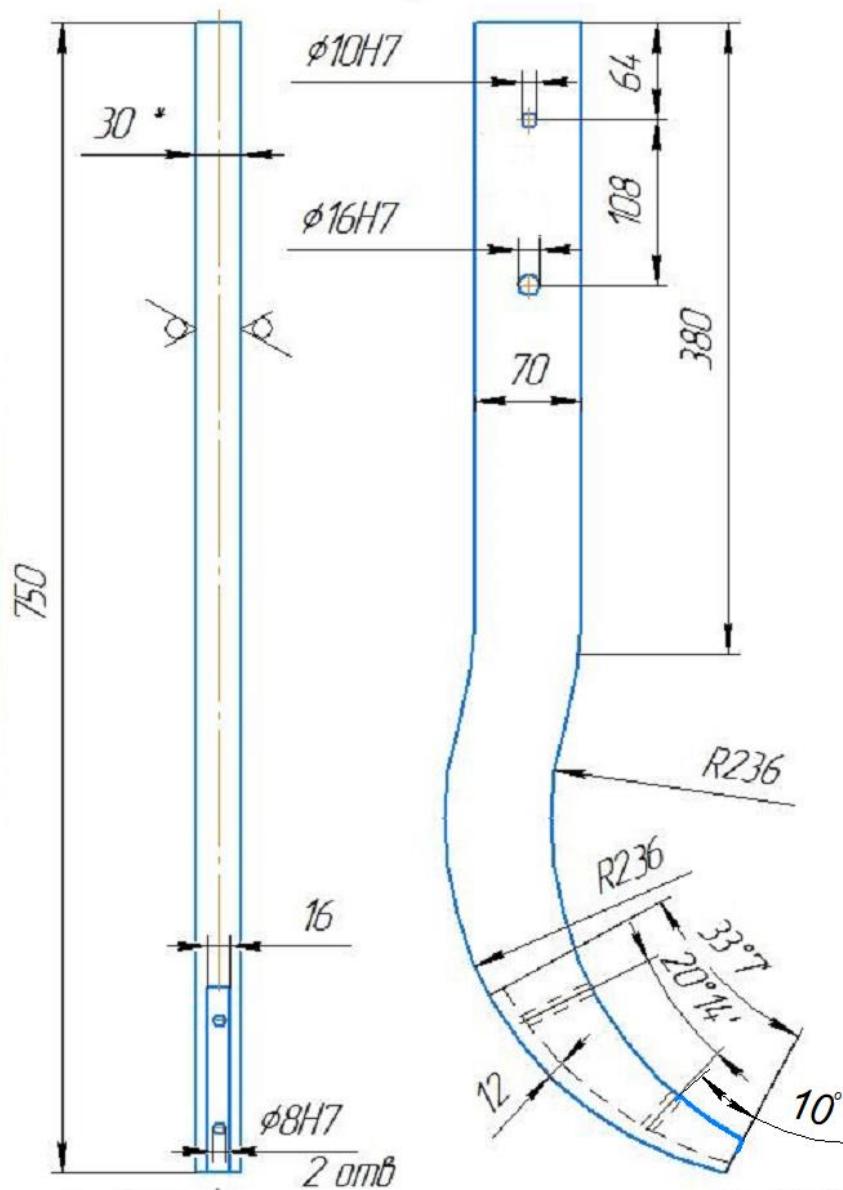
Подп. и дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

КП.СХМ.21.15-01.03.00.03

 $\sqrt{Rz80}$  (✓)

1. IT 14/2

2. \*Размер для справок

КП.СХМ.21.15-01.03.00.03

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Арестович А.Р.		
Пров.		Калабушев А.Н.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Стойка

Лист 30 ГОСТ 19903-74  
45 ГОСТ 1050-88

Лит.	Масса	Масштаб
	3,5	1:4
Лист	Листов	1
ПГАУ, 331 гр.		

Копировал

Формат А4

Приложение 2

*Пример выполнения курсового проекта № 2*

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

Инженерный факультет

Кафедра «Механизация технологических процессов в АПК»

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Сельскохозяйственные машины»

на тему: «Модернизация комбайна ДОН-680М»

Выполнил: студент 332 гр.

Панферов Д.В.

Проверил: канд. техн. наук

Калабушев А.Н.

Пенза, 2024

## Введение

В решении задач по развитию животноводства, а соответственно по обеспечению населения мясом, молоком и продуктами их переработки важная роль принадлежит кормовой базе, которая не мыслима без создания современной кормоуборочной техники.

Измельчение растительной массы является главной, наиболее энергоемкой операцией, выполняемой кормоуборочным комбайном. Более 40 % потребляемой комбайном мощности расходуется на измельчение и транспортирование измельченной растительной массы.

Измельчители кормоуборочных комбайнов, применяемые в нашей стране при уборке кукурузы в фазе восковой и полной спелости, не обеспечивают удовлетворительного качества измельчения зерна, в результате значительная доля его (30 %) проходит транзитом через пищеварительный тракт животных и не усваивается.

В связи с этим актуальной является проблема дальнейшего совершенствования конструкции питающе-измельчающего аппарата кормоуборочных комбайнов с целью обеспечения ими требуемого качества измельчения.

Целью работы является повышение качества уборки кукурузы на силос, модернизацией комбайна ДОН-680М. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть современное состояние вопроса механизации уборки кормов.
2. Разработать конструкцию кормоуборочного комбайна способного производить уборку кормов в соответствии с агротехническими требованиями и произвести расчёт модернизированного узла.
3. Разработать инструкции при проведении настройки и регулировки кормоуборочного комбайна ДОН-680М, а также требования безопасности при его эксплуатации.

# 1 Современное состояние уборки кормовых культур

## 1.1 Особенности механизации возделывания кукурузы на силос

Обработка почвы зависит от особенностей почвы, рельефа и степени засоленности участка, предшественника, климатических условий. Основная обработка после уборки озимых и ранних яровых – лущение стерни на глубину 7...8 см, при наличии корнеотпрысковых и корневищных сорняков – на 10...12 см. При выращивании кукурузы бессменно (на постоянном участке) поле дискуют в двух направлениях. Лучшая основная обработка ранняя зяблевая вспашка плугом с предплужниками на глубину 25...27 см, при меньшей мощности пахотного слоя (малогумусные черноземы, серые лесные) на полную его глубину с почвоуглубителем. В засушливых условиях на почвах, подверженных ветровой эрозии, обработку проводят безотвальными плугами и плоскорезами глубокорыхлителями (КПГ-250; КПГ-2-150) на глубину 20...22 см. На участках с водной эрозией – отвальную вспашку поперек склона с поделкой лунок (ЛОД-10; ПЛДГ-5) или прерывистых бороздах (бороздопрерыватели ПРНТ-7000; ППБ-0,6; УПБ-1-35) [11]. Зимой снегозадержание проводят при высоте снежного покрова не менее 10 см. В оттепель снегопахи клиновидные, в морозную погоду – риджерноовальные. Снежные валки расположены поперек господствующих ветров или под углом к ним, при первом снегозадержании расстояние 4 м; при втором, третьем – 10...12 м. Весенняя обработка на отвальной зяби – боронование в 2...3 следа

(в первые дни полевых работ, при спелой почве). При безотвальной зяблевой обработке закрытие влаги лущильниками или БИГ-3. Через несколько дней проводится первая культивация на глубину 10...12 см, поперек пахоты с прикатыванием. Всходы сорняков уничтожаются второй культивацией, которая проводится перед посевом на глубину 7...8 см (КПЭ-3,8; КПШ-9) поперек первой. Для сохранения влаги в засушливых условиях и на чистых от сорняков полях одна культивация. Предпосевная обработка почвы проводится с одновременным боронованием и прикатыванием (КПЭ3,8) [11].

Чтобы обеспечить заделку семян во влажную почву и получить початки, предпочтение отдается более ранним срокам – 2-я декада мая. В лесостепи почвы имеют меньшую теплоемкость, но большую

влагообеспеченность, поэтому посев проводят в более поздние сроки – 2-3-я декада мая, в предгорье – 3-я декада мая. На зараженных участках посев проводится в поздние сроки в хорошо прогретую почву, так как чрезмерно ранние сроки приводят к сильному плесневению семян, увеличивается повреждение проволочками. Раннеспелые гибриды более холодостойкие, имеют температуру начального прорастания на 4...5 °С ниже, чем позднеспелые. В степных и лесостепных районах посев начинается в ранние сроки со среднеранних гибридов с тем, чтобы в середине 3й декады мая закончить сев среднеспелыми гибридами. При этом среднеранние хорошо используют осенне-зимние осадки (запасы) влаги. В первой половине августа дают хороший урожай зеленой массы с початками молочно-восковой спелости. Для предохранения ранних посевов от заморозков в засушливых районах семена заделывают на 8...10 см. При такой глубине заделки при заморозках –6 °С посевы отрастают без видимых повреждений, так как верхушечная зона роста, из которой впоследствии разовьется стебель, остается в земле до образования 6-7-го листа. При более поздних сроках посева глубина составляет 6 см. Способы посева: пунктирный (70 см междурядье, 15...20 см расстояние между растениями в рядке). Пунктирный способ более прогрессивный, позволяющий более равномерно распределить растения в рядке, но обрабатываемая площадь уменьшается, поэтому надо обеспечить лучшую чистоту полей. Пунктирный способ позволяет полнее использовать питательные вещества, влагу, солнечную радиацию [11].

Включает следующие технологические приемы: боронование, культивация междурядий, применение гербицидов. Довсходовое боронование проводится через 3-5 дней после посева, глубина обработки мельче, чем глубина заделки семян. Послевсходовое боронование проводится в фазу трех листьев, применяются бороны 3БЗСС-1,0. Нельзя боронить в следующих случаях: по шильцам при наличии почвенной корки; если поверхность почвы рыхлая; при малых запасах продуктивной влаги; если ожидаются осадки в течение 2-3 дней после боронования. Междурядную обработку кукурузы начинают с появления 3-4 листьев культиваторами КРН-4,2; КРН-5,6 [6]. Для борьбы с сорняками при выращивании кукурузы используют гербициды. При выращивании кукурузы на одном участке более трех лет используют гербициды симазин и атразин 3...4 кг/га перед посевом или до появления всходов. В районах, подверженных ветровой эро-

зии, в борьбе с сорняками нужно отдавать предпочтение внесению гербицидов, в районах, подверженных водной эрозии, – боронованию и междурядным обработкам.

Накопление питательных веществ и нарастание урожая кукурузы продолжаются до фазы восковой спелости, 60...68 %-ной влажности. Листостебельную массу и в том и другом случае используют для силосования. Уборку на силос с початками начинают в фазу молочновосковой или восковой спелости при общей влажности растений 65...70 %. Растения скашивают на высоте 10...12 см, измельчают на частицы 5...10 см. Для снижения потерь питательных веществ в силосуемой массе с влажностью 80 % и более используют добавление сухой соломы (15...18 %), обработку аммиаком (30 кг/т), уплотнение массы для ограничения доступа воздуха, измельчение на части длиной 10...12 см, использование химических консервантов. Силосование кукурузы восковой и молочно-восковой спелости. Технология: измельчение на отрезки длиной 2...3 см, быстрая и плотная укладка в хорошо герметизированные силосные сооружения (потери питательных веществ не превышают 8...9 %), заполнение траншеи не более чем за 3-4 дня, при быстром заполнении силос не снижает переваримость сырого белка. В фазу молочно-восковой спелости при влажности 75...80 % измельчают на частицы длиной 4...5 см, тщательно уплотняют, добавляют солому.

*Таблица 1 – Технология возделывания и уборки кукурузы*

№	Вид работ	Срок внесения		Марка	Требования к качеству
		Календарный	Агротехнический		
1	Зяблевая вспашка	Конец августа – начало октября	Вслед за уборкой предшественника	ПН-8-35, ПТК-9-35, ПЛН-6-35, ПЛН-5-35	Пласт почвы должен быть перевернут, сорные растения, пожнивные остатки должны быть запаханы на глубину 15 см
2	Лущение стерни	Конец августа – начало сентября	После вспашки	ЛДГ-10 (15, 20), БДТ-7, ППЛ-10-25	Глубина 25 – 27 см, сорняки и стерни должны быть подрезаны, мелко комковатое рыхление

Продолжение таблицы 1

3	Ране – весен- нее боро- нование	Начало апреля	Физическая спелость почвы	С-11У, С-18А	Разрушение почвенной корки, глубина рыхле- ния слоя почвы 3 – 4 мм
4	Куль- тива- ция с боро- нова- нием	Апрель	После боро- нования	КПС-4	Полностью должны быть подрезаны сорня- ки. Глубина 14 см. Вторично культиви- руют на глубину 6 – 8 см
5	Посев	Май	После вы- равнивания	СУПН-8, СПН-6М	Допускаются семена 1 и 2 класса
6	Боро- нова- ние до всходов	Через 5 – 7 дней	Первые дни после посева	Легкие и средние бо- роны «Зиг- заг»	Разрушение почвенной корки
7	Боро- нова- ние по всхо- дам	После 20 мая	После появ- ления всхо- дов	БЗСС-1	Рыхление почвы и уничтожение сорняков
8	Меж- дуряд- ная об- работка	Июнь	В фазу 3 – 4 листа	КРН-4,2	Обрабатывают 2 – 3 раза
9	Опрыс- кива- ние герби- цидами	При появ- лении сор- няков		ПОУ, ОП-1600-2, ОВТ, ОН-400	
10	Уборка	Середина августа	До наступ- ления замо- розков	КСК-100, СК-170, Е-281	Комбайны должны срезать растение на высоте 15 см и измель- чать их до 20 – 45 мм

## 1.2 Обзор существующих кормоуборочных комбайнов

Производственное объединение «Гомсельмаш» выпускает различные виды кормоуборочной техники серии «ПАЛЕССЕ»: КВК-8060, КВК-800-16, КСК-600, К-Г-6.

Комплекс К-Г-6 (рисунок 1.1) предназначен для скашивания кукурузы, в том числе в фазе восковой и полной спелости зерна, других высокостебельных культур, скашивания зеленых и подбора из валков подвяленных, сеяных и естественных трав с измельчением и погрузкой в транспортные средства [10].



*Рисунок 1.1 – Общий вид комплекса для заготовки кормов К-Г-6*

На заготовке силоса, сенажа, уборке трав комплекс К-Г-6 соответствует уровню лучших аналогов самоходных комбайнов, такого же класса, по производительности, качеству заготавливаемых кормов.

В состав комплекса К-Г-6 входят:

- универсальное энергосредство УЭС-2-280А «ПАЛЕССЕ 2U280А» или УЭС-2-250А «ПАЛЕССЕ 2U250А» с двумя ведущими мостами либо УЭС-280 «ПАЛЕССЕ U280» с одним ведущим мостом;
- комбайн кормоуборочный полунавесной КПК-3000 «ПАЛЕССЕ FH40» или КПК-3000А «ПАЛЕССЕ FH40» с доизмельчающим устройством активного типа для доизмельчения зерен кукурузы восковой спелости либо КПК-3000А «ПАЛЕССЕ FH40» с доизмельчающим устройством и оборудованием для внесения консервантов.

Одной из особенностей комбайна «ПАЛЕССЕ FN40» является измельчающий аппарат радиально-дискового типа, который обеспечивает максимально высокое качество измельчения листостебельной массы.

При заготовке сенажа, уборке зеленых трав доизмельчитель демонтируют, заменяя его проставкой с гладкими стенками. Если комбайн будет использоваться только на заготовке сенажа, уборке зеленых трав целесообразно приобрести вариант без доизмельчителя.

Жатка для грубостебельных культур способна убирать кукурузу любой высоты и урожайности, независимо от схем и способов посева. Равномерный срез обеспечивается системой копирования рельефа и установкой высоты среза. Стебли кукурузы подаются в питающий аппарат нижней частью, что предотвращает потери початков. Боковые делители разделяют растения на краю загонки и поднимают полеглые растения.

Комплексы К-Г-6 комплектуется подборщиками шириной захвата 2,2 и 3,0 м, которые обеспечивают подбор валков без потерь скошенной массы.

Жатка для трав. Система копирования рельефа поля и установка высоты среза гарантирует одинаково ровный срез. Обгонная муфта шкива привода мотовила предотвращает повреждение мотовила при обратном вращении шкива.

Датчики металлодетектора и камнедетектора подают сигналы на электронный блок пульта управления, находящегося в кабине. Система реагирует мгновенно, автоматически отключая привод вальцов питающего аппарата, и подача массы прекращается [9].

Комбайн КСК-600 «ПАЛЕССЕ FS60» (рисунок 1.2) предназначен для скашивания кукурузы в любой фазе спелости зерна, подсолнечника и других высокостебельных культур, скашивания зеленых трав и подбора из валков подвяленных сеяных и естественных трав с одновременным измельчением и погрузкой в транспортные средства.

«ПАЛЕССЕ FS60» уверенно справляется с заготовкой кормов в любых условиях уборки. Трехметровый подборщик и роторная жатка для грубостебельных культур, пятиметровая жатка для уборки трав, делают применение комбайна эффективным в широком диапазоне урожайности кормовых культур.

На пульт контроля поступает полная информация о состоянии систем и агрегатов комбайна. Контрольные приборы предупреждают

о наступлении критических режимов, помогая предотвратить поломки. Здесь сосредоточены функции включения/отключения автоматики, электрогидравлики, регулировки оборотов двигателя и управления питающим аппаратом. В один блок собраны и крупно выделены указатели напряжения бортовой сети, уровня топлива, давления масла и температуры охлаждающей жидкости в двигателе, температуры масла в ходовой части.



*Рисунок 1.2 – Общий вид комбайна самоходного кормоуборочного КСК-600 «ПАЛЕСЦЕ FS60»*

Равномерный срез жаткой для грубостебельных культур обеспечивается системой копирования рельефа и установкой высоты среза. Стебли кукурузы подаются в питающий аппарат нижней частью, что предотвращает потери початков. Боковые делители разделяют растения на краю загонки и поднимают полеглые растения [10].

Фирма KRONE выпускает кормоуборочные комбайны BIG X. Самоходный полевой измельчитель BIG X с адаптерами является (рисунок 1.3) одной из наиболее производительных машин для заготовки кормов. Он имеет отработанную классическую технологическую схему работы. Привод ходовой части обеспечивает бесступенчатое регулирование скорости от 17 до 40 км/ч с помощью джойстика.

Измельчители могут комплектоваться кукурузными приставками «EasyCollect» 6000/7500/9000 (на 8, 10 или 12 рядков), а также подборщиками шириной 3 м с 6 рядами зубьев с расстоянием между ними 55 мм. Кукурузная жатка «EasyCollect» сплошного среза имеет

новую концепцию режуще-транспортирующей системы. Благодаря принципу циркулирующего коллектора удалось существенно снизить число механизмов привода и вес жатки.



*Рисунок 1.3 – Общий вид самоходного полевого измельчителя BIG X фирмы KRONE*

Технологическое оборудование включает питающий (из 6 валцов с гидроприводом) и измельчающий аппараты. Ширина входного канала составляет 800 мм и рассчитана на большое количество подаваемой массы. Работа кукурузной приставки обеспечивает подачу стеблей под прямым углом к барабану измельчителя, что позволяет получать стабильную длину резки. Имеются также плющильные валцы и активный метатель (ускоритель выброса) измельченной массы [10].

Барабан измельчителя диаметром 660 мм имеет 2 секции по 14 ножей. Для обеспечения стабильности потребляемой мощности они размещены под углом, при этом один из ножей всегда находится во взаимодействии с противорежущей пластиной. Предусмотрено использование сменных ножей для уборки трав или кукурузы, которые можно быстро монтировать на барабане. Новинкой является специальный барабан для уборки растений с целью дальнейшего использования массы при производстве биогаза. Этот барабан снабжен 2 секциями по 20 ножей в каждой, что позволяет получить длину резки в пределах 2,5...16 мм [16].

Профилированные плющильные валцы имеют диаметр 250 мм, что гарантирует высокую пропускную способность и большую площадь для плющения. Зазор между плющильными валцами можно

настроить из кабины в диапазоне от 0,5 до 15 мм в зависимости от условий уборки и требований к получаемому корму.

Фирма JOHN DEERE выпускает кормоуборочный комбайн серии 7050 (рисунок 1.4). Комбайн предназначен для уборки травянистых кормов и кукурузы при заготовке сенажа или силоса. Комбайн состоит (рисунок 1.4) из самоходного измельчителя с двигателем модели «Cummins» N 14/C525E мощностью 373 кВт и сменного технологического оборудования (адаптеров).



*Рисунок 1.4 – Общий вид самоходного кормоуборочного комбайна фирмы JOHN DEERE*

В качестве сменного оборудования применяются подборщики барабанного типа захватом 3 или 4,5 м, а также 4- или 6-рядные ручьевые жатки для уборки кукурузы.

Система подачи массы (питающее устройство) состоит из 4 подающих барабанов. Ширина подающей камеры 660 мм. Диаметр измельчающего барабана составляет 610 мм. На барабане могут устанавливаться различные типы ножей: [9]

- прямой – для травянистых культур;
- изогнутый широкий – для кукурузы;
- косой – для кукурузы.

Кормоуборочный комбайн Дон 680М (рисунок 1.5) представляет собой современную сельскохозяйственную технику, предназначенную для сбора различных культур. Модель станет оптимальным вариантом для мелких и средних хозяйств. Машина также может использоваться на крупных фермах с количеством голов скота свыше

500 для обеспечения ежедневной подкормки животных [4].



*Рисунок 1.5 – Общий вид кормоуборочного комбайна ДОН-680М*

Преимущества комбайна Дон 680М:

- высокая производительность, обусловленная использованием мощного мотора, прямоточной схемы проводки и современных узлов;
- возможность работы в тяжелых условиях;
- высокое качество сбора культур и кормов;
- экономичность в обслуживании и эксплуатации;
- долговечность и надежность;
- простота конструкции и легкость ремонта;
- удобство управления и комфорт работы.

Любая техника нуждается в регулярном обслуживании. Дон 680М отличается малой сложностью ремонтных работ и простотой осмотра. Техническое обслуживание комбайна осуществляется каждый месяц. Дополнительные работы выполняются в середине и в конце сезона. Операции по обслуживанию максимально упрощены и не требуют особого оборудования и инструмента. Время подготовки техники к рабочей смене составляет 10-15 минут. Группировка зон обслуживания позволяет не тратить время на обход машины, 2-сторонний доступ к мотору облегчает настройку. Понятная конструкция Дон 680М позволяет быстро найти и устранить проблему даже неопытному механизатору. Дополнительным плюсом комбайна является его унификация с другими продуктами компании Ростсельмаш [4].

### 1.3 Патентный обзор и обоснование выбора прототипа

При уборке кукурузы в восковой спелости кормоуборочными комбайнами особое значение приобретает степень дробления зерна. Было установлено, что при скармливании животных не разрубленными зернами кукурузы примерно 30 % их не усваивается и проходит через пищеварительный тракт «транзитом». Поэтому, согласно агротехническим требованиям, необходимо, чтобы поврежденных зерен кукурузы в измельченной массе было 98 %, а частиц размером до 5 мм было не менее 95 %.[14, 15]

Измельчающий аппарат комбайна КПК-3000 (рисунок 1.6) состоит из камеры 1, ротора измельчителя 6, подбрусника 2 и противорежущих пластин.

Камера образована передней и задней стенками рамы, верхним и нижним кожухами и боковым поддоном. Нижний кожух представляет собой сварную конструкцию, в которой в зависимости от условий работы устанавливается либо гладкий лист, либо лист с отверстиями — терка. Боковой сменный поддон состоит из рамки и гладкого листа, вместо которого может быть установлен поддон-терка, состоящая из двух листов (с отверстиями и сплошного), укрепленных на рамке. Сменные поддоны-терки устанавливаются при уборке кукурузы восковой и полной спелости для измельчения и перетирания зерна. В передней части камеры есть окно шириной 450 мм, через которое растительная масса поступает в измельчающий аппарат. Ротор измельчителя вращается в двух подшипниках, установленных на задней и передней стенках камеры. На валу ротора между корпусом переднего подшипника установлены тарельчатые пружины 5 и упорная шайба. Между задним подшипником и ножевым диском установлены стопорная пружина 7 и регулировочная гайка 8, с помощью которой ножевой диск перемещается вдоль вала.

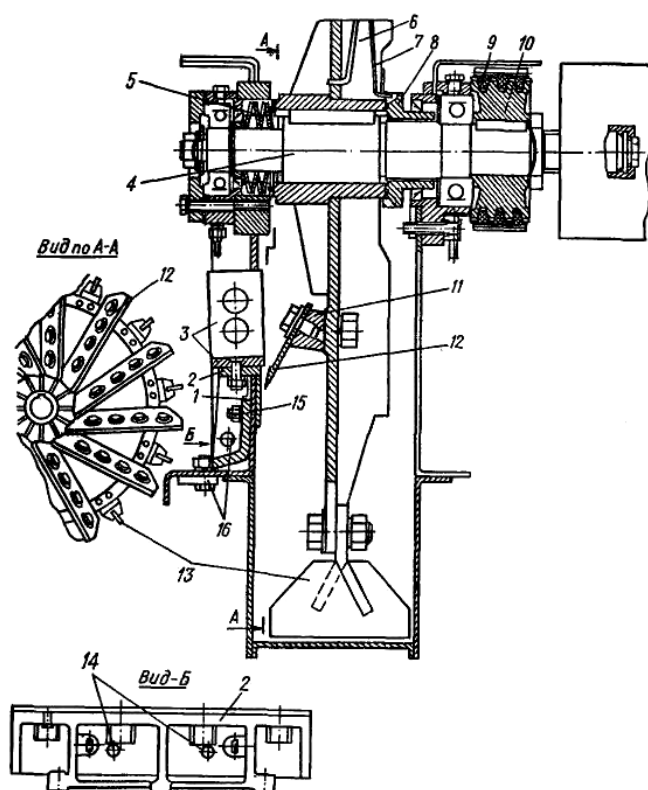


Рисунок 1.6 – Аппарат измельчающий КПК-3000: 1 – камера, 2 – подбрусник, 3 – противорежущая пластина, 4 – вал, 5 – тарельчатая пружина, 6 – ротор измельчителя, 7 – стопорная пружина, 8 – гайка, 9 – ремень клиновой, 10 – шкив, 11 – опора ножа, 12 – нож, 13 – лопатки, 14 – регулировочный болт, 15, 16 – болты крепления подбрусника

Шлицевой конец вала 4 измельчающего аппарата соединяется карданной передачей с ВОМ энергосредства. На ножевом диске установлены 12 ножей с опорами и 12 швыряющих лопаток 13. Измельчитель имеет заточное устройство для заточки ножей измельчающего аппарата.

Силосопровод измельчителя направляет поток измельченной массы в транспортное средство. Нижняя часть силосопровода представляет собой трубу с приваренным фланцем, которая является опорой откидной части силосопровода. К основанию силосопровода крепится червячное колесо, связанное с червяком, закрепленным на опоре силосопровода. В верхней части силосопровода, представляющей собой желоб, шарнирно закреплен козырек для равномерного распределения измельченной массы в транспортном средстве.

Измельчающий аппарат комбайна «Полесье 700» (рисунок 1.7) состоит из рамы, измельчающего барабана, подбрусника, противорежущего бруса, поддонов. Измельчающий барабан представляет собой полый цилиндр, на котором приварены четыре ряда опор (по десять в ряду). К опорам болтами и пластинами крепятся ножи.

Опоры ножей имеют рифленую поверхность, попадая на которую, зерна кукурузы дробятся. Питающий и измельчающий аппараты соединяются стяжкой. Зазор между противорежущим брусом и ножами должен быть 0,5-0,8 мм. При уборке культур без дробления зерна устанавливается гладкий поддон, при уборке кукурузы с дроблением – поддон с ячейками.

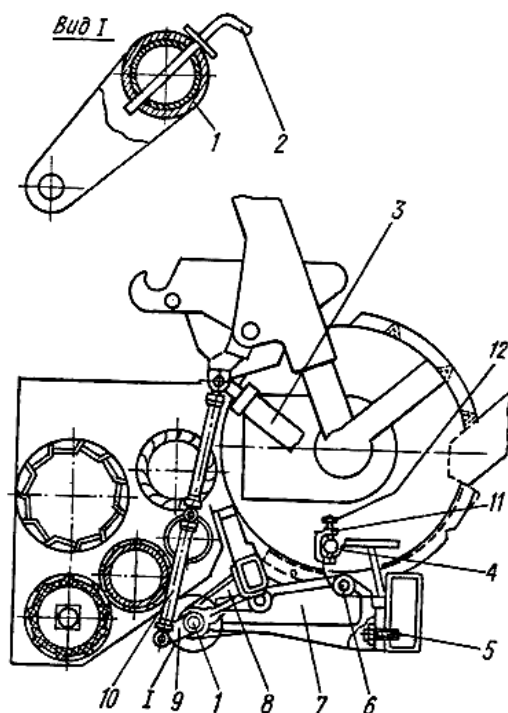
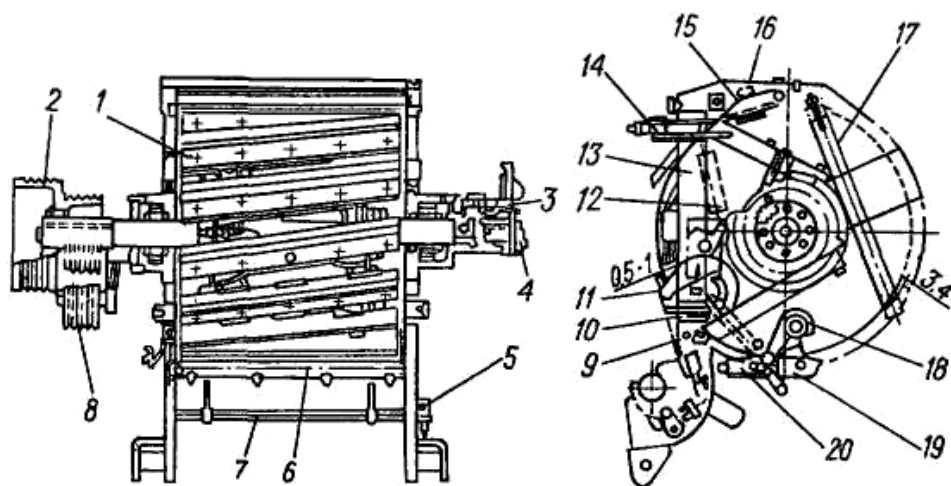


Рисунок 1.7 – Механизм опрокидывания питающе-измельчающего аппарата комбайна «Полесье – 700»: 1 – ось опрокидывания; 2 – фиксатор; 3 – гидроцилиндр механизма вывешивания; 4 – упор; 5 – болт; 6 – ось; 7 – рычаг крепления трубы опрокидывания питающе-измельчающего аппарата; 8 – поворотный рычаг измельчающего аппарата; 9 – кривошип; 10 – тяга; 11 – скоба; 12 – болт

Поскольку питающе-измельчающий аппарат размещен под кабиной комбайна, для создания нормальных условий во время его технического обслуживания и ремонта введен механизм опрокидывания. Механизм состоит из тяг 10, соединенных вверху со штоками гидро-

цилиндров, а внизу – с кривошипами 9, посаженными на трубу опрокидывания свободно. Труба опрокидывания с питающим аппаратом связана жестко, с измельчающим – шарнирно рычагом 8.

Измельчающий аппарат комбайна «ДОН-680» (рисунок 1.8) состоит из барабана 1 с приводным шкивом 2, установленным в каркасе 13. Измельчающий аппарат снабжен гладким днищем 6 и противорежущим брусом 11. Зазор между ножами барабана и противорежущим брусом регулируется положением бонки. Зазор между ножами барабана и гладким днищем регулируется тягой 17. Для заточки ножей барабан снабжен механизмом заточного приспособления 3 с гидромотором 4, управляемым с пульта, встроенного в облицовку переднего бампера с правой стороны комбайна. [3, 9, 20]



*Рисунок 1.8 – Измельчающий аппарат комбайна «Дон-680»: 1 – барабан; 2 – приводной шкив; 3 – заточное приспособление; 4 – гидромотор; 5 – специальный болт; 6 – днище; 7 – рычаг; 8 – натяжной шкив; 9 – цепь; 10 – пружина; 11 – противорежущий брус; 12 – пружина возврата; 13 – каркас; 14 – стяжка; 15, 16 – щитки; 17 – тяга; 18, 19 – рычаги; 20 – гидроцилиндр*

Наблюдать за заточкой ножей можно через окно в каркасе, закрываемое при работе комбайна щитком 15. Для включения питающего аппарата на каркасе измельчающего аппарата установлен натяжной шкив 8.

Измельчающий аппарат комбайна КСК-600 (рисунок 1.9) состоит из рамы, барабана 7, заточного устройства 8, основания силосо-

провода 9, противорежущего бруса 1. Измельчающий барабан комплектуется на заводе 24 (2 х 12) ножами. Привод измельчающего барабана осуществляется от конического редуктора через цепную муфту, состоящую из полумуфт 16 и 17 (рисунок 1.8), соединенных цепью 18. Полумуфты фиксируются на валу 19 редуктора и валу 20 измельчающего барабана болтами 21, которые стопорятся гайками 22. Полумуфта 16 имеет проточку 23, обеспечивающую предохранение элементов измельчающего аппарата при перегрузках в процессе эксплуатации. [1]

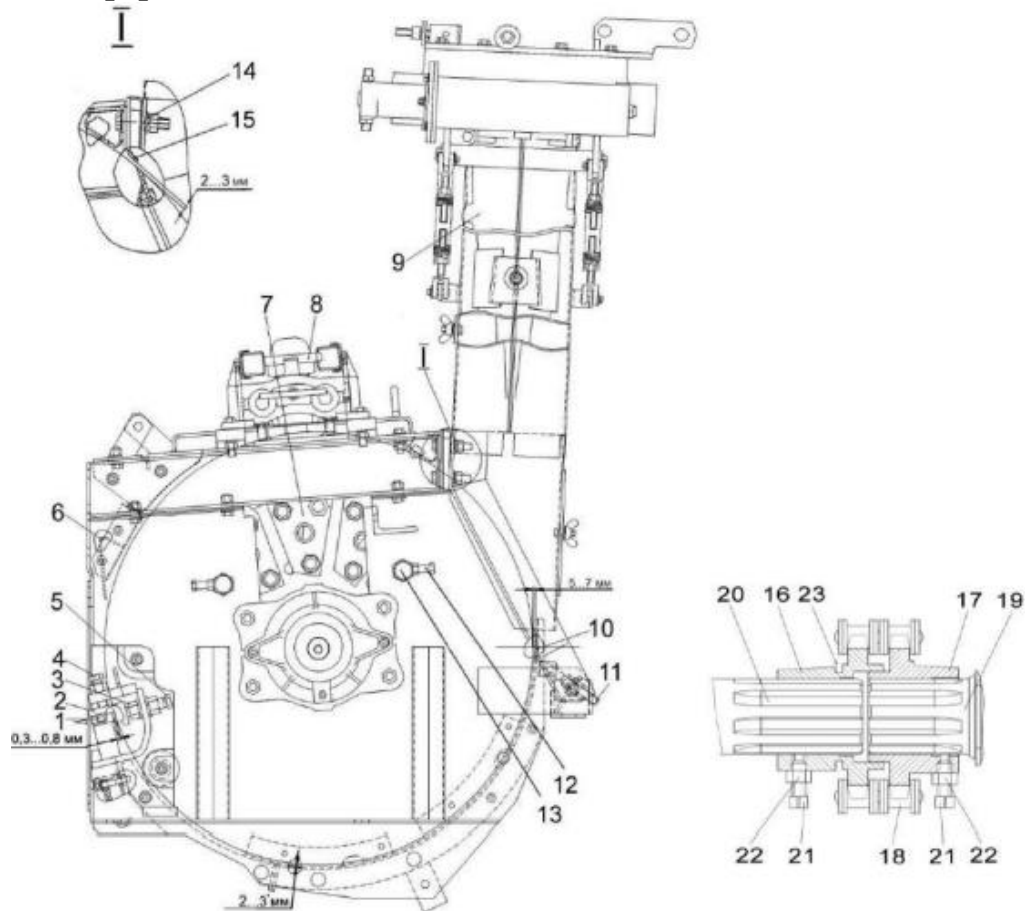
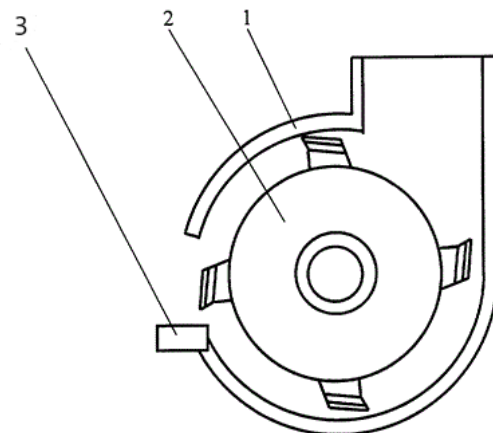


Рисунок 1.9 – Измельчающий аппарат комбайна «КСК-600»: 1 – противорежущий брус; 2 – прижим; 3 – гайка; 4, 5, 11, 14, 21 – болты; 6 – отражатель; 7 – барабан; 8 – заточное устройство; 9 – основание силосопровода; 10 – поддон; 12 – стопорный болт; 13 – бонка; 15 – отсекающий; 16, 17 – полумуфты; 18 – цепь; 19, 20 – валы; 22 – гайки; 23 – проточка

Для улучшения качества дробления зерен кукурузы в раме измельчающего барабана вместо гладкого поддона применяют сменное устройство для дробления зерна, которое представляет собой рифле-

ную поверхность, образованную бичами. Крепление бичей к днищу поддона осуществляется болтами.

Известен измельчающий аппарат кормоуборочного комбайна полезная модель РФ № 193814 от 27.10.2000 Бюл. № 30 (Рисунок 1.10) [13].



*Рисунок 1.10 – Измельчающий аппарат кормоуборочного комбайна патент на полезную модель № 193814: 1 – корпус; 2 – барабан; 3 – противорежущая пластина*

Включает размещенный в кожухе барабан с дисками, на которых размещены ножедержатели с установленными на них ножами, при этом ножедержатели выполнены в виде несущих пластин с закрепленными на них V-образными лопастями и подножевой планкой с элементами крепления ножа, отличающийся тем, что V-образные лопасти выполнены в виде двух пластин, соединенных при помощи неразъемного соединения между собой и с несущими пластинами, при этом первая пластина расположена под углом, равным  $15-25^\circ$  к касательной плоскости барабана и снабжена направителе измельченной массы, а вторая пластина расположена под углом  $\gamma$  к первой пластине, равным  $35-45^\circ$ , при этом подножевая планка, расположенная под углом, равным  $20-35^\circ$  к касательной плоскости барабана, соединена при помощи неразъемного соединения с несущими пластинами.

Проведя анализ существующих конструкций измельчающих аппаратов кормоуборочных аппаратов выявлены некоторые их недостатки, такие как: достаточно большое усилие, при резании растительной массы затрачивающее мощность при резании поступающей растительной массы; не совершенство и не технологичность конструкций, которая приводит к некачественному измельчению подава-

емой массы, что сказывается на кормлении сельскохозяйственных животных, а именно при скармливании кормов, не отвечающих зоотехническим требованиям к их измельчению, не обеспечивается максимальный выход животноводческой продукции при минимуме затрат корма.

### **Выводы по разделу**

Проанализировав основные виды машин и измельчающих аппаратов кормоуборочных комбайнов, выявились явные недостатки в работе этих машин ввиду сложностей исполнения режущих ножей измельчающих барабанов, низкому качеству измельчения зеленой массы, больших затрат мощности на привод рабочих органов. Поэтому с целью улучшения показателей работы машины, а также для устранения недостатков необходимо модернизировать измельчающий аппараты мы предлагаем модернизировать кормоуборочный комбайн ДОН-680М, так как он в меньшей степени обладает выявленными недостатками.

## **2 Конструкторская разработка**

### **2.1 Агротехнические требования, предъявляемые к кормоуборочным комбайнам**

В животноводстве применяются различные технологии приготовления кормов. В каждом отдельном случае предъявляют свои требования к длине частиц, определяемые условиями наиболее полного использования питательных веществ и исключения потерь при переработке и хранении.

Длина частиц при приготовлении силоса должна обеспечиваться в пределах 2...3 см при влажности 65...70 %, 4...5 см при влажности 75...80 %, и увеличивается до 12 см при увеличении влажности до 85 %. Оптимальные условия достигаются при заготовке трав на силос при влажности массы 70...75 %. Растительная масса должна измельчаться при этом до отрезков длиной 3...4 см. Количество частиц заданного размера по массе должно быть не менее 70 %. Причем размер остальных частиц не должен превышать заданный более чем в 1,5 раза.

Заготовка сена. Важнейшим является высота среза трав. Если при первом укосе травы скашивают ниже 4 см, повреждаются корневые шейки бобовых трав, ухудшается отрастание отавы. Скашивание трав ниже 7 см при втором укосе приводит к повреждению, как корневых шеек, так и двух-трех нижних междоузлий бобовых растений. Кроме того, при заниженном скашивании травы затрудняется работа последующих машин и снижается качество провяленной массы. При высоте стерни ниже 4 см валок скошенной травы снизу, вблизи почвы, не подсыхает, а сверху пересыхает. Кроме того, при работе ворошилок или подборщиков возникает большая вероятность захвата зубьями частиц почвы и засорения ими убираемой массы травы. Допускаемое расстояние между зубьями граблин подборщиков или ворошилок и поверхностью почвы не менее 1 см.

Как правило, естественные травы в степной зоне надо скашивать на высоте 4...5 см, в лесолуговой зоне, а также на заливных лугах и сеяных травах – на высоте 5...6 см, отаву последнего укоса – на высоте 6...7 см, многолетние травы первого года укоса и при уборке на семена – на высоте 7...9 см. Влажность сена, как правило, 16...18 %. При скашивании трав выше допустимой нормы каждый

сантиметр высоты дает потерю урожая 150...300 кг/га [7].

При приготовлении измельченного рассыпного и брикетированного сена длина резки должна быть 8...15 см. При приготовлении травяной витаминной муки, гранулированного и брикетированного корма измельченная масса направляется в агрегат для искусственной сушки. Поэтому резка должна быть значительно меньшей – как правило 2...3 см. При большей длине измельченная масса плохо перемещается в сушильном барабане, от чего она может перегреться или даже загореться. При малой длине резки технологический процесс производства более эффективен: снижается расход топлива, производительность сушки становится выше.

При большей влажности требуется измельчать на частицы с большей длиной с целью исключения потерь сока растений и в тоже время обеспечения плотности укладки.

Сенаж приготавливают из бобовых или злаковых трав, провяленных после скашивания до 45...55 %. При этом растительная масса должна измельчаться до частиц длиной 1,5...3 см. При этом 80 % частиц должно быть длиной не более 1 см.

При приготовлении брикетированных кормов наилучшие по прочности брикеты образуются при длине частиц от 5 до 50 мм.

При приготовлении витаминно-травяной муки длина частиц исходного сырья, обрабатываемого на агрегатах для сушки кормов типа АВМ, не должна превышать 30 мм и толщина 6 мм. Причем частиц с заданными параметрами

должно быть не менее 80 % от общей массы.

Грубые корма для крупного рогатого скота измельчают до частиц длиной 40...50 мм, для лошадей – 30...40 мм, для овец – 20...30 мм. Более мелкую резку 5...10 мм готовят, если в дальнейшем ее смешивают с сочными кормами.

Зеленые корма при скормливаниях их в составе кордовых смесей птице измельчают до частиц длиной 3...5 мм, свиньям – до 10...15 мм. При скормливаниях зеленых кормов крупному рогатому скоту в виде подкормки достаточно получить длину резки не более 150 мм.

При скормливаниях крупному рогатому скоту листостебельной массы кукурузы ее следует измельчать до размеров частиц, не превышающих 50 мм по длине (до 30 мм не менее 75 %) , а стебли расщеплять. Это требование обусловлено условиями поедания массы.

При закладке сенажа в башнях равномерное уплотнение и нор-

мальная выгрузка массы обеспечиваются при длине частиц 15...20 мм и влажности 50...60 %. При этом несколько меньше потери каротина.

Солому следует измельчать до частиц размером 30...50 мм с расщеплением стеблей.

Для перевозки зеленой массы, измельченной до 30 мм, требуется на 8...12 % меньше транспортных средств, чем массы, измельченной до частиц 50 мм и более, за счет лучшего использования вместимости тракторных прицепов и кузовов автосамосвалов.

При заготовке сена с досушиванием активным вентилированием, длина резки (в случае измельчения) должна быть 10...20 см так как сопротивление продуванию воздухом массы сена резко возрастает при увеличении плотности укладки.

При применении энергосберегающей технологии уборки и хранения влажного зерна кукурузы в восковой и полной спелости в измельченном виде в герметически закрытых силосных сооружениях содержание целых зерен в измельченной массе не должно превышать 2 %, иначе перед скармливанием потребуются повторное ее измельчение. Т.е. длина частиц связана с удельными затратами энергии на измельчение и транспортирование и с величиной потерь [7].

## **2.2 Описание модернизации кормоуборочного комбайна ДОН-680М**

Для повышения качества измельчения предлагается модернизация самоходного кормоуборочного комбайна КСК-600, который предназначен для скашивания и измельчения с одновременной погрузкой в транспортные средства силосных культур, в том числе, кукурузы в фазе восковой спелости зерна, многолетних и однолетних трав и смесей, сорго, подсолнечника и других культур.

Измельчающий аппарат (рисунок 2.1) с подсосом воздуха содержит установленный в корпусе 4 измельчающий барабан 1, под которым расположен состоящий из двух дугообразных элементов поддон 5 и 6. Первый элемент установлен концентрично барабану 1, а второй размещен ниже первого с зазором относительно него. За барабаном 1 расположен транспортирующий трубопровод.

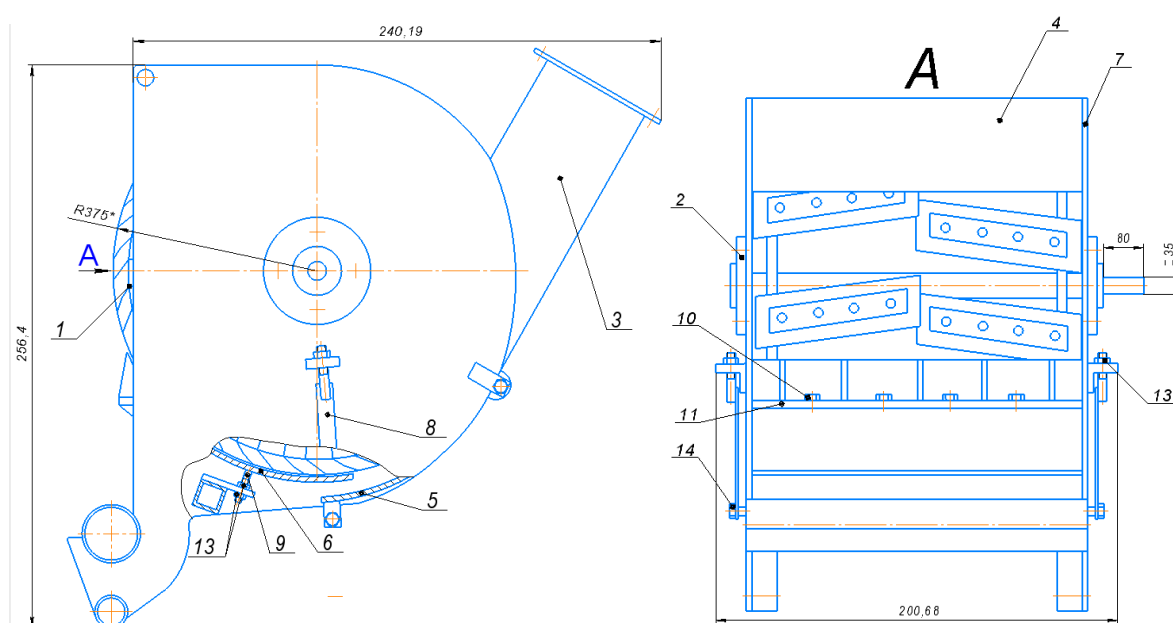


Рисунок 2.1 – Измельчающий аппарат: 1 – барабан; 2 – вал; 3 – кожух; 4 – корпус; 5 – нижняя поверхность поддона; 6 – верхняя поверхность поддона; 7 – боковая стенка корпуса; 8 – крепежный элемент; 9 – шпилька; 10 – крепежная пластина; 11 – противорежущая пластина; 12 – уголок; 13 – ось

Поддон выполнен из двух цилиндрических поверхностей, нижняя из которых выполнена соосно измельчающему барабану, а верхняя смещена относительно оси нижней поверхности в направлении к задней стенке трубопровода и выполнена радиусом, большим радиуса нижней поверхности. Это позволяет уменьшить длину дуги, по которой лопатками измельчающего барабана необходимо протягивать измельченную растительную массу, прижатую центробежными силами к поддону, и обеспечивает снижение энергозатрат, что в свою очередь позволяет уменьшить сечение трубопровода. Это обеспечивает снижение металлоемкости.

Верхняя поверхность установлена с зазором относительно нижней поверхности, при этом при вращении измельчающего барабана и барабана ускорителя происходит подсос воздуха через зазор между поверхностями, и масса перемещается между измельчающими барабаном и ускорителем выброса без трения о поддон и заднюю стенку трубопровода, находясь на воздушной подушке. Кроме того, потоком создаются условия быстрого схода измельченной массы с лопаток измельчающего барабана и не наблюдается повторного оборота части

массы барабаном что ведет к снижению энергозатрат на транспортировку массы.

При этом при вращении измельчающего барабана и барабана ускорителя происходит подсос воздуха через зазор между поверхностями, и масса перемещается между измельчающими барабаном и ускорителем выброса без трения о поддон и заднюю стенку трубопровода, находясь на воздушной подушке. Кроме того, потоком создаются условия быстрого схода измельченной массы с лопаток измельчающего барабана и не наблюдается повторного оборота части массы барабаном, что ведет к снижению энергозатрат на транспортировку массы.

Измельчающий аппарат работает следующим образом.

Срезанная на корню растительная масса затягивается вальцами и подается в окно, где измельчается ножами измельчающего барабана, а затем выбрасывается в основание трубопровода. Смещение оси верхней цилиндрической поверхности поддона по отношению к оси нижней цилиндрической поверхности в сторону задней стенки трубопровода обеспечивает уменьшение расстояния, между передней и задней стенками трубопровода. При этом дуга окружности между плоскостями а–а (начало выброса массы) и а'–а' (окончание выброса массы) осталась неизменной.

Между барабаном и поддоном происходит подсос воздуха, поступающего через зазор. Масса при этом движется без трения о поддон и заднюю стенку трубопровода, находясь на воздушной подушке.

### 2.3 Расчет болтового соединения нижней части поддона

Определим силу  $F_p$ , которую необходимо приложить к стандартному ключу  $l = 15d$  (рисунок 2.2) при завинчивании гайки М6, которой фиксируется нижняя часть поддона, до появления в стержне болта напряжений, равных пределу текучести  $\sigma_T = 240$  МПа. Коэффициент трения в резьбе и на торце гайки  $f = 0,15$ .

Принимаем для резьбы М6 шаг  $P = 1$  мм; средний диаметр резьбы  $d_2 = 5,350$  мм; внутренний диаметр резьбы  $d_1 = 4,917$  мм.

Осевая сила  $F_a$ , при которой в стержне болта возникает напряжение, равное пределу текучести:

$$F_a = \frac{\pi d_1^2 \cdot \sigma_T}{1,3 \cdot 4} = \frac{3,14 \cdot 4,917^2 \cdot 240}{1,3 \cdot 4} = 3504 \text{ Н.}$$

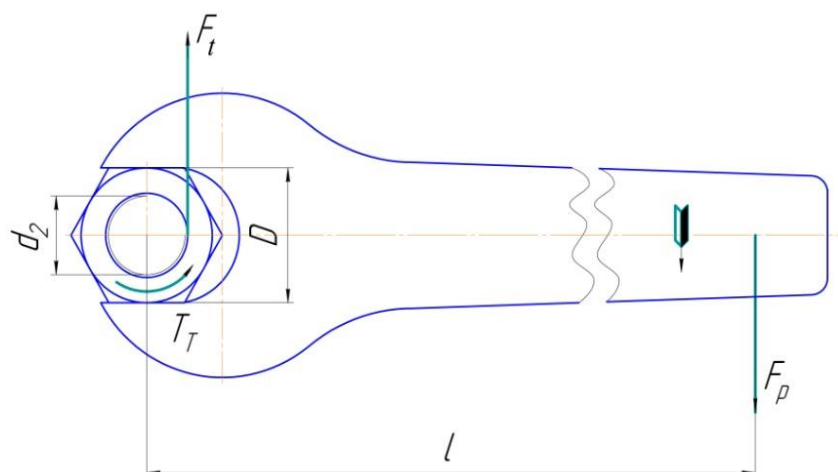


Рисунок 2.2 – Схема для определения момента завинчивания

Приведенный коэффициент трения:

$$f' = \frac{f}{\cos \alpha/2} = \frac{0,15}{\cos 30^\circ} = 0,173$$

Приведенный угол трения:

$$\varphi' = \arctg f' = \arctg 0,173 = 9^\circ 50'$$

Угол подъема резьбы:

$$\tg \psi = \frac{P}{\pi d_2} = \frac{1}{3,14 \cdot 5,350} = 0,06 \quad \psi = 3^\circ 24'$$

Момент завинчивания, приложенный к гайке:

$$T_{\text{зав}} = F_a \cdot \frac{d_2}{2} \left[ \tg(\psi + \varphi') + \frac{f(D+d_0)}{4} \right] = 3504 \cdot \frac{5,350}{2} \left[ \tg(3^\circ 24' + 9^\circ 50') + \frac{0,15(10+7)}{4} \right] = 4478 \text{ Н}$$

Сила  $F_p$ , которую необходимо приложить к ключу:

$$F_p = \frac{T_{\text{зав}}}{l} = \frac{T_{\text{зав}}}{15d} = \frac{4478}{15 \cdot 6} = 56 \text{ Н}$$

## 2.4 Расчет сварного соединения дисков измельчающего барабана

Прочность соединения зависит от однородности и непрерывности материала сварного шва. Сварные соединения воспринимают суммарные напряжения, возникающие от собственного веса, внешних нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации, и собственных напряжений, создающихся при сварке. На рисунке 2.3 представлена схема сварного соединения дисков измельчающего барабана.

Сварка выполнена вручную электродами Э-42. Катет сварного шва  $k = 4$  мм. Материал диска и вала – Сталь 10. Размеры вала показаны на рисунке. Сила  $F = 2$  кН.  $[\sigma_p] = 170$  МПа. Проверить прочность сварного шва.

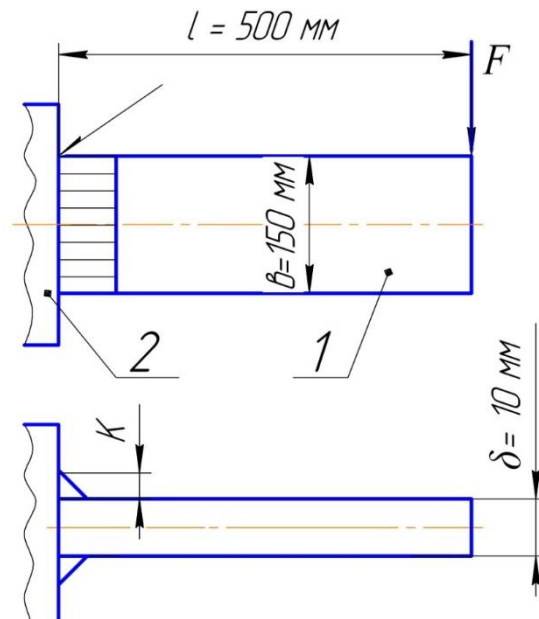


Рисунок 2.3 – Крепление диска к валу: 1 – вал; 2 – диск

Угловые швы рассчитывают на срез. Допускаемые напряжения для угловых швов:

$$[\tau'_{\text{ср}}] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 170 = 102 \text{ МПа.}$$

В наиболее нагруженных крайних точках швов возникают касательные напряжения от момента  $M = F \cdot l$  и от поперечной силы  $F$ . По условной методике производят геометрическое суммирование этих напряжений:

$$\tau'_{\text{ср}} = \sqrt{\tau_M'^2 + \tau_F'^2} \leq [\tau'_{\text{ср}}]$$

$$\tau'_{\text{ср}} = \sqrt{\left(\frac{F \cdot l}{W'_X}\right)^2 + \left(\frac{F}{A'}\right)^2}$$

Расчетный момент сопротивления и расчетную площадь сварных швов определяют по их биссекторному сечению:

$$W'_X = 2 \cdot 0,7 \cdot \frac{k \cdot b^2}{6} = 2 \cdot 0,7 \cdot \frac{4 \cdot 150^2}{6} = 21000 \text{ мм}^3$$

$$A' = 2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot b =$$

$$= 2 \cdot 0,7 \cdot 4 \cdot 50 = 280 \text{ мм}^2$$

$$\tau'_{\text{ср}} = \sqrt{\left(\frac{2000 \cdot 500}{21000}\right)^2 + \left(\frac{2000}{280}\right)^2} = 48,1 \text{ МПа}$$

$$\tau'_{\text{ср}} < [\tau'_{\text{ср}}] < 102 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

## 2.5 Расчет мощности привода измельчающего барабана

Мощность  $P$ , затрачиваемая на работу измельчающего барабана найдем по формуле [6, 7]:

$$P = \frac{(p \cdot L_p \cdot v_p \cdot k) \cdot (1 + f \tan \chi)}{1000};$$

где  $p = 90 \text{ Н/м}$  – удельное сопротивление резанию, для кукурузы;

$L_p$  – рабочая длина ножа, м;

$\chi = 37^\circ$  – угол заземления;

$v_p$  – корость резания, м/с

$k$  – коэффициент пропорциональности (0,3);

$f$  – коэффициент трения массы о вальцы (0,38);

$$L_p = h \cdot \sin \tau;$$

где  $h$  – толщина перерезаемого слоя (295 мм);

$\tau$  – угол наклона лезвия, град.;

$$v_p = 2 \cdot 3.14 \cdot n_b \cdot r;$$

где  $n_b$  – частота вращения барабана (13,96 с<sup>-1</sup>).

$$L_p = 295 \cdot \sin 25^\circ = 125 \text{ мм.}$$

$$v_p = 2 \cdot 3.14 \cdot 13.96 \cdot 0.125 = 10.2 \text{ м/с.}$$

$$P = \frac{(90 \cdot 0.125 \cdot 10.2 \cdot 0.3) \cdot (1 + 0.38 \cdot \tan 37^\circ)}{1000} = 36,4 \text{ кВт.}$$

## Выводы по разделу

Предложена конструкция модернизированного измельчающего барабана кормоуборочного комбайна КСК-600, применение которого позволит снизить мощность, затрачиваемую на его привод, улучшить качественные показатели измельчения, постигаемого в него

массы за счет установки двухсекционного поддона для возможности забора воздуха, что позволит потоку воздуха создать условия быстрого схода измельченной массы с лопаток измельчающего барабана и не наблюдается повторного оборота части массы барабаном, что ведет к снижению энергозатрат на транспортировку массы. Проведен расчет момента закручивания, приложенный к гайке крепления нижней части поддона – 4478 Н; сварного соединения дисков измельчающего барабана, установлено, что условие прочности выполняется; мощности, затрачиваемой на работу измельчающего барабана  $P = 36,4 \text{ кВт}$ .

### **3 Настройка, регулировки и техника безопасности при эксплуатации кормоуборочного комбайна ДОН-680М**

#### **3.1 Настройки и регулировки кормоуборочного комбайна ДОН-680М**

Для раздробления зерна до 100 % комбайн ДОН-680М оснащают разработанным доизмельчителем, который устанавливают в переходной части поворотного устройства силосопровода.

Качество резки и энергоемкость процесса измельчения зависит от остроты ножей барабана и рабочего зазора между ножами и кромкой противорежущего бруса, оптимальная величина которого должна составлять 0,5...1 мм. Его регулируют перемещением противорежущего бруса поворотными механизмами, которые после установки зазора фиксируют болтами крепления бруса. По мере изнашивания кромок бруса в рабочую зону периодически вводят неизношенные грани, поворачивая брус.

Периодичность заточки ножей барабана – не менее одного раза в рабочую смену. Ножи затачивают абразивным бруском заточного устройства. Подъем и опускание заточного устройства производится рукояткой механизма подачи. После каждой заточки регулируют зазор между ножами и противорежущим брусом.

В соответствии с видом заготавливаемых кормов, питающих аппарат настраивают на необходимую длину резки, которая может составлять 3,5; 8,0 и 20 мм, а при демонтаже 12-ти ножей – 7,16 и 40 мм. Длину резки регулируют изменением частоты вращения вальцов питающего аппарата, что достигается переключением диапазонов редуктора питателя.

Настройку травяной жатки выполняют таким образом, чтобы зазор между пружинным зубом мотовила и шнеком составлял 15...35 мм, между зубом и пальцем режущего аппарата 25...35 мм, между витком шнека и очистителем 2...18 мм. Зазоры регулируют перемещением опор мотовила и шнека [5].

Установочной высоты среза добиваются регулировкой крайних опорных башмаков. Их давление на почву регулируют натяжением пружин механизма уравнивания в пределах 343...441 Н. при работе на повышенных скоростях давление башмаков выбирают по максимальному значению натяжения.

Для нормального среза стеблей зазоры между носиками сегментов ножа и плоскостью пальцев при совпадении их осей не должна превышать 0,8 мм, составляя в задней части от 0,3 до 1,5 мм. Зазоры между сегментами ножей и верхними прижимами не должны превышать 0,7 мм.

Настройка подборщика при подборе валков средней и высокой урожайности должна обеспечить зазор между концами подбирающих пальцев и поверхностью почвы, равный 40 мм. В случае появления потерь концы пальцев приближают к земле и переставляют вертикально стойки опорных колес в швеллерах боковины.

Нужно следить за тем, чтобы подбирающие пальцы не захватывали землю и камни [5].

Во избежание забивания роторной жатки периодически контролируют и поддерживают в заданных пределах зазоры между барабаном и съемником приемной камеры (не более 5 мм), а также между сегментами, барабана и прутками блока делителей (не более 13 мм).

Во избежание забивания комбайна убираемой массой работают только на полной частоте вращения двигателя (2000...2050 об/мин), не допуская тем самым уменьшения скорости движения комбайна за счет снижения частоты вращения двигателя.

Важным условием реализации технических возможностей кормоуборочного комбайна является подготовка поля к работе. Каждое поле разбивают на участки с прокосами и обкосами, достаточными для прохождения комбайна и движущегося рядом с ним транспортного средства (не менее 3-х проходов). Конструкция поворотного силосопровода комбайна Дон-680 М позволяет работать как вкруговую, так и челночным способом.

Нижний валец питающего аппарата оснащен датчиками металлодетектора который предотвращает попадание посторонних металлических предметов в питающий аппарат [5].

### **3.2 Техника безопасности при работе комбайна**

- Перед началом работы водитель обязан изучить настоящее техническое описание и инструкцию по эксплуатации.
- Подготовка комбайна к работе, а также проведение операций по техническому обслуживанию, устранению неисправностей, очистке от грязи должна выполняться только при неработающем ди-

зеле, а педали тормозов установлены на защелку в заторможенном состоянии.

- Во избежание отравления угарными газами не запускайте дизель в закрытом помещении с плохой вентиляцией.

- Во время работы дизеля не приближайтесь близко к вентилятору.

- Не допускайте к комбайну лиц, не имеющих отношения к его работе.

- Установите перед работой на комбайне все имеющиеся защитные ограждения. Работать с не огражденными цепными, ременными передачами и карданными валами запрещается.

- Перед началом работы выявите наличие на поле валунов, ям и других препятствий, а также камней и металлических предметов. Работа комбайна на неподготовленных засоренных посторонними предметами полях запрещается.

- Перед запуском дизеля рычаг КПП установите в нейтрально положение, а рычаг механизма ВОМ – в положение «выключено».

- Привод рабочих органов должен быть отключен.

- Во время запуска не должно быть людей под комбайном, а, также под агрегатируемым с ним прицепом-емкостью, сзади и впереди от них, между комбайном и соединенным с ним прицепом-емкостью.

- Перед началом движения подайте сигнал и только после этого плавно начните движение [3].

- Нахождение в кабине постороннего лица при работе комбайна категорически запрещается.

- Запрещается начинать движение комбайна с включенным стояночным тормозом.

- Начинать движение комбайна, особенно увеличивать его поступательную скорость на III и II передачах, а также уменьшать скорость и останавливать комбайн необходимо плавным перемещением педалей управления подачи гидронасоса (за исключением экстренного аварийного торможения). Резкое увеличение или уменьшение подачи гидронасоса на повышенных передачах может привести к разрыву рукавов высоко давления привода колес.

- Работа комбайна допустима только на участках, крутизна которых не превышает 9°. При работе на крутых участках комбайн

должен передвигаться вдоль склонов со сниженной скоростью.

- На поворотах и разворотах снижайте скорость движения до 3...4 км/ч.
- Следите за показаниями контрольных приборов и их исправностью. Не рекомендуется работать на комбайне с неисправными приборами.
- Не допускайте длительной перегрузки дизеля и значительной падения оборотов.
- В случае аварии или чрезмерного увеличения частоты вращения коленвала дизеля немедленно выключите подачу топлива [3].

## Заключение

1. Анализ основных видов машин и измельчающих аппаратов кормоуборочных комбайнов выявил явные недостатки в работе этих машин ввиду сложностей исполнения режущих ножей измельчающих барабанов, низкого качества измельчения зеленой массы, больших затрат мощности на привод рабочих органов. Поэтому с целью улучшения показателей работы машины, а также для устранения недостатков необходимо модернизировать измельчающий аппараты мы предлагаем модернизировать кормоуборочный комбайн ДОН-680М, так как он в меньшей степени обладает выявленными недостатками.

2. Предложена конструкция модернизированного измельчающего барабана кормоуборочного комбайна КСК-600, применение которого позволит снизить мощность, затрачиваемую на его привод, улучшить качественные показатели измельчения, постигаемого в него массы за счет установки двухсекционного поддона для возможности забора воздуха, что позволит потоку воздуха создать условия быстрого схода измельченной массы с лопаток измельчающего барабана и не наблюдается повторного оборота части массы барабаном что ведет к снижению энергозатрат на транспортировку массы. Проведен расчет момента завинчивания, приложенный к гайке крепления нижней части поддона – 4478 Н; сварного соединения дисков измельчающего барабана, установлено, что условие прочности выполняется; мощности, затрачиваемой на работу измельчающего барабана  $P = 36,4 \text{ кВт}$ .

3. С целью безотказной работы кормоуборочного комбайна ДОН-680М, были разработаны рекомендации по выполнению его основных настроек и регулировок, а также требования техники безопасности при его эксплуатации.

## Содержание

Введение.....	
1 Современное состояние уборки кормовых культур.....	
1.1 Особенности механизации возделывания кукурузы	
на силос.....	
1.2 Обзор существующих кормоуборочных комбайнов.....	
1.3 Патентный обзор и обоснование выбора прототипа.....	
2. Конструкторская разработка.....	
2.1 Агротехнические требования, предъявляемые к кормоубо-	
рочным комбайна.....	
2.2 Описание модернизации кормоуборочного комбайна	
ДОН-680М.....	
2.3 Расчет болтового соединения нижней части поддона.....	
2.4 Расчет сварного соединения дисков измельчающего	
барабана.....	
2.5 Расчет мощности привода измельчающего барабана.....	
3 Настройка, регулировки и техника безопасности при экс-	
плуатации кормоуборочного комбайна ДОН-680М.....	
3.1 Настройки и регулировки кормоуборочного комбайна	
ДОН-680М.....	
3.2 Техника безопасности при работе комбайна ДОН-680М.....	
Заключение.....	
Содержание.....	
Список литературы.....	
Приложения.....	

## Список литературы

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. – Москва. 2006 г.
2. Ерохин, М.Н. Детали машин и основы конструирования/ Под ред. М.Н. Ерохина. – Москва: КолосС, 2004. – 462 с.: ил.
3. Зотов, Б.И. «Безопасность жизнедеятельности на производстве». Учебник для студентов высших учеб. заведений – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: КолосС, 2008.– 432 с.: ил.
4. Ивович, В.А., Онищенко, В.Я. Защита от вибраций в машиностроении. – Москва: Машиностроение, 1990. – 272 с.
5. Комбайн кормоуборочный самоходный РСМ-100 «ДОН-680М»: инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. – Ростов-на-Дону: Россельмаш, 2006.
6. Клёнин, Н.И.; Киселёв С.Н.; Левшин А.Г. «Сельскохозяйственные машины». Министерство сельского хозяйства. – Москва: КолоС, 2008. – 816 с.
7. Комаров, М.К. Справочник по эксплуатации и регулировкам сельскохозяйственных машин / М.К. Комаров. – 2-е изд., перераб. и доп.– Москва: Россельхозиздат, 2005. – 277 с.: ил.
8. Ляпунов, В.Т., Лавендел, Э.Э., Шляпочников С.А. Резиновые виброизоляторы. Справочник – Ленинград: Судостроение, 1988, – 216 с.
9. Лисниченко, А.В. / Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / переработанный и дополненный. – Москва: Агропромиздат, 2006. – 688 с.: ил.
10. Резник, Н.Е. Кормоуборочные машины. 2-е изд., перераб. Москва: Машиностроение, 2001. – 375с.
11. Соловьев, А.М. Технология растениеводства / А.М. Соловьев, И.П. Фирсов, М.Ф. Трифонова. – Москва: КолосС, 2005. – 472 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
12. Патент РФ № 2438052 Российская Федерация, МПК А 01 С 1/00. Способ гашения вибраций/ Фот А.Ю.; заявитель и патентообладатель ФГУП НПП «Прогресс» – заявл. 06.07.2010; опубл. 27.12.2011, Бюл. № 10. – 10с.: ил.

13. Патент РФ № 2352838 Российская Федерация, МПК А 01 С 1/00. Резинометаллический упругий элемент/ Кочетов О.С, Кочетова М.О.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. – заявл. 29.11.2007; опубл. 20.04.2009, Бюл. № 24. – 5с.: ил.

14. Патент РФ № 2357136 Российская Федерация, МПК А 01 С 1/00. Резиновый виброизолятор/ Кочетов О.С, Кочетова М.О.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. – заявл. 19.06.2009; опубл. 10.05.2010, Бюл. № 12. – 5с.: ил.

15. Патент РФ № 2354575 Российская Федерация, МПК А 01 С 1/00. Пружинный виброизолятор с нелинейным демпфированием / Кочетов О.С, Кочетова М.О.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. – заявл. 15.06.2015; опубл. 10.06.2016, Бюл. № 9. – 4с.: ил.

*(Пример выполнения курсового проекта №2)*

## ПРИЛОЖЕНИЯ

1 - рама; 2 - адаптер; 3 - колесо; 4 - кабина; 5 - силосопровод;  
6 - тягово-сцепное устройство; 7 - измельчающее устройство

[illegible]



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
											Документация		
										КП.СХМ.21.15-01.00.07.00 СБ	Сборочный чертеж		
											Измельчающий аппарат. Сборочный чертеж		
											Сборочные единицы		
									1	КП.СХМ.21.15-01.00.07.01	Барaban	1	
									2	КП.СХМ.21.15-01.00.07.02	Вал	1	
									3	КП.СХМ.21.15-01.00.07.03	Кожух	1	
									4	КП.СХМ.21.15-01.00.07.04	Корпус	1	
							А3		5	КП.СХМ.21.15-01.00.07.05	Нижняя поверхность поддона	1	
							А3		6	КП.СХМ.21.15-01.00.07.06	Верхняя поверхность поддона	1	
									7	КП.СХМ.21.15-01.00.07.07	Боковая стенка корпуса	2	
									8	КП.СХМ.21.15-01.00.07.08	Крепежный элемент	2	
									9	КП.СХМ.21.15-01.00.07.09	Шпилька	2	
									10	КП.СХМ.21.15-01.00.07.10	Крепежная пластина	1	
									11	КП.СХМ.21.15-01.00.07.11	Противорежущая пластина	1	
									12	КП.СХМ.21.15-01.00.07.12	Уголок	2	
									13	КП.СХМ.21.15-01.00.07.13	Ось	1	
											Стандартные изделия		
									14		Болт М8х125 ГОСТ 7798-70	6	
									15		Болт М10х125 ГОСТ 7798-70	4	
									16		Гайка М8 ГОСТ 5915-70	6	
КП.СХМ.21.15-01.00.07.00 СБ													
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата							
Разраб.		Арестович А.Р.											
Пров.		Калабушев А.Н.											
Т. контр.													
Н. контр.													
Утв.													
Измельчающий аппарат								Лит.		Лист		Листов	
								1		2			
								ПГАУ, 332 гр.					

Копировал

Формат А4







*Учебное издание*

Андрей Николаевич Калабушев  
Ринат Рафаилович Девликамов

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ МАШИНАМ

Учебно-методическое пособие

Компьютерная верстка А.Н. Калабушев  
Корректор Л.Н. Каменская

---

Подписано в печать 05.05.2025

Бумага офсетная

Тираж 120 экз.

Формат 60х84 1/16

Усл. печ. л. 7,32

Заказ № 12

---

ПГАУ  
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30