

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление «Агроинженерия»

Профиль «Технические системы в агробизнесе»

Кафедра «Общеинженерные дисциплины»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: «Механизация возделывания ячменя с разработкой орудия для
поверхностной обработки почвы»

Шифр: ВКР.35.03.06.128.18.ОПО.00.00.00

Студент группа 241 _____ Гарифуллин Р. Р.
подпись Ф.И.О.

Руководитель доцент _____ Пикмуллин Г. В.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № ____ от _____ 2018 г.)

Зав. кафедрой профессор _____ Яхин С. М.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Казань – 2018 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление «Агроинженерия»

Профиль «Технические системы в агробизнесе»

Кафедра «Общеинженерные дисциплины»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой _____ / Яхин С. М. /

« _____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту: Гарифуллин Ранис Ренатович

Тема ВКР: «Механизация возделывания ячменя с разработкой орудия для
поверхностной обработки почвы»

утверждена приказом по вузу от « ____ » _____ 20 ____ г. № _____

1. Срок сдачи студентом законченной ВКР _____

2. Исходные данные: нормативно-справочная литература, технологические
карты на возделывание ячменя,

3. Перечень подлежащих разработке вопросов _____

1. Литературно-патентный обзор

2. Технологическая часть

3. Конструкторская часть

4. Перечень графических материалов _____
1. Анализ существующих конструкций _____
2. Технологическая карта на возделывание ячменя _____
3. Чертеж общего вида орудия для обработки почвы _____
5. Сборочный чертеж рабочего органа _____
6. Рабочие чертежи деталей _____
3. Операционно-технологическая карта на прикатывание почвы _____

5. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
1. Конструкторская разработка	
2. Безопасность жизнедеятельности	
3. Экономическое обоснование	

6. Дата выдачи задания _____

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Литературно-патентный обзор		
2	Технологическая часть		
3	Конструкторская часть		

Студент _____ (Гарифуллин Р. Р.)

Руководитель ВКР _____ (Пикмуллин Г. В.)

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе Гарифуллина Р. Р., выполненной на тему
«Механизация возделывания ячменя с разработкой орудия для поверхностной
обработки почвы»

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 82 листах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает 22 рисунка, 5 таблиц. Список использованной литературы содержит 18 наименования.

Предметом исследования выпускной квалификационной работы является проект механизации возделывания ячменя.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологии возделывания ячменя, определение перечня и параметров операций для ее осуществления.

В первом разделе приведен анализ конструкций рабочих органов и машин для предпосевного прикатывания почвы.

Второй раздел посвящен разработке технологии возделывания ячменя. Проведены соответствующие расчеты и составлена технологическая карта на его возделывание. Кроме того разработана операционно-технологическая карта на прикатывание почвы.

В третьем разделе приведена разработка орудия для поверхностной обработки почвы. Приведены необходимые технологические и конструкторские расчеты. Разработана инструкция по охране труда тракториста-машиниста при выполнении прикатывания, а также приведен расчет технико-экономических показателей конструкции.

В завершении пояснительной записки приведены выводы и предложения.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	9
1.1 Состояние и тенденции развития конструкций почвообрабатывающих катков	9
1.2 Обзор и анализ конструкций почвообрабатывающих катков	13
1.3 Обзор основных типов катков	21
1.4 Выводы по разделу	26
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	27
2.1 Основы агротехники возделывания ячменя	27
2.2 Разработка технологической карты возделывания и уборки ячменя	35
2.3 Расчет показателей технологической карты	38
2.4 Разработка операционно-технологической карты на прикатывание почвы	40
2.4.1 Условия работы	40
2.4.2 Агротехнические требования к прикатыванию почвы	40
2.4.3 Комплектование агрегатов для прикатывания почвы	41
2.4.4 Расчет режимов работы агрегатов	43
2.4.5 Подготовка поля	44
2.4.6 Кинематические характеристики МТА и рабочего участка	45
2.4.7 Баланс времени смены	47
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	49
3.1 Обоснование предлагаемой модернизации	49
3.2 Устройство и рабочий процесс модернизируемой конструкции	50
3.3 Технологические расчеты	52
3.3.1 Определение диаметра катка	52
3.3.2 Определение глубины погружения катка	54
3.3.3 Определение нагрузки на отсекатель	56
3.4 Прочностные расчеты	57

3.4.1 Расчет сварного соединения	57
3.4.2 Расчет резьбового соединения крепления кронштейна к раме агрегата	58
3.5 Инструкция по охране труда при работе с орудием.....	62
3.6 Техничко-экономическая оценка конструкции	65
3.7 Выводы по разделу.....	73
ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.....	74
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	75
СПЕЦИФИКАЦИИ	77

ВВЕДЕНИЕ

Инновационные технологии культивирования сельскохозяйственных растений подразумевают выполнение полного комплекса агротехнических операций, целью которых является получение высоких урожаев при минимуме затрат.

В настоящей работе разработана перспективная технология возделывания ячменя. Поскольку в агроклиматических условиях Республики Татарстан зерновым культурам свойственна достаточно высокая стабильность урожайности зерна, в большинстве лет наибольший удельный вес занимают яровые культуры, а на легких почвах они преобладают практически полностью.

Перспективная технология возделывания включает в себя: размещение культуры после лучших предшественников; известкование кислых почв и гипсование солонцовых; возделывание новых высокопродуктивных сортов; применение минеральных удобрений в оптимальных нормах с учетом уже присутствующих элементов азота, фосфора и калия в почве; поэтапный внос минеральных туков, защита растений от вредителей, болезней и сорняков; качественное исполнение агротехнических операций в оптимальные сроки с точным соблюдением норм и технологической дисциплины [8].

Ячмень – одна из основных продовольственных сельскохозяйственных культур. В целях полного самообеспечения ячменем Республике Татарстан необходимо собирать 700–900 тысяч тонн зерна, а с учетом потребления его комбикормовой промышленностью, следует довести валовой сбор как минимум до 1 млн. тонн. Для успешного возделывания культуры необходим высокий уровень агротехнических приемов. При сегодняшнем уровне цен на зерно, уровень рентабельности производства ячменя – один из наивысших в сравнении с другими яровыми. В связи с вышеизложенным, перспективная технология возделывания ячменя является неотъемлемым фактором рентабельности его производства, как в крупных агрохолдингах, так и в небольших и средних фермерских хозяйствах.

Внедрение передовых технологии возделывания и уборки ячменя с использованием инновационных приёмов и высокопроизводительных технических средств является резервом в повышении урожая, а также технико-экономических показателей, основными из которых являются затраты труда и себестоимость. Применение передовых агротехнических приёмов и механизированных средств позволяют повысить урожай и снизить затраты труда.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологии возделывания ячменя, а также повышение эффективности предпосевной обработки почвы (прикатывания) путем разработки новых рабочих органов к модульным прикатывающим каткам.

1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН И РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ПРИКАТЫВАНИЯ ПОЧВЫ

1.1 Состояние и тенденции развития конструкций почвообрабатывающих катков

Для качественного выполнения предпосевной подготовки почвы используют почвообрабатывающие катки, как отдельные орудия, так и в составе комбинированных машин. Несмотря на историческую давность (более двух веков) применения и относительно узкую область назначения, почвообрабатывающие катки имеют значительное разнообразие конструкций. Поэтому разработка систематизации конструкций позволит, используя научно-технические достижения наметить направления по унификации катков на основе модульного принципа проектирования и послужит этапом к разработке управляемого технологического процесса.

Систематизация конструкций выполнена на основании анализа опубликованных материалов и патентных исследований.

Катки, используемые в сельском хозяйстве, можно разделить на два вида: катки почвообрабатывающие, обеспечивающие уплотнение почвы, крошение глыб, выравнивание поверхности почвы; катки специальные, обеспечивающие уничтожение ледяной корки, снегозадержание, прикатывание сидератов перед вспашкой, устойчивость при работе отдельных сельскохозяйственных машин.

Основным классификационным признаком принимаем назначение почвообрабатывающих катков, т.е. технологический признак. По назначению почвообрабатывающих катков разделяются на следующие группы:

1. поверхностно-уплотняющие;
2. поверхностно-уплотняющие выравнивающие;
3. глыб крошащие выравнивающие;
4. поверхностно-уплотняющие-поверхностно-рыхляющие;

5. коркоразрушающие;
6. универсальные.

По форме рабочей поверхности выделены следующие типы катков: 1-я группа - гладкий кольцеобразный; 2-я группа – гладкий цилиндрический; 3-я группа – звездчатый, гладкорубчатый и решетчатый; 4-я группа – гладко-клиново-зубчатый, кольчатый (клиновой), кольчато-шпоровый; 5-я группа – борончатый; 6-я - группа последовательная комбинация типов рабочих поверхностей.

Катки можно разделить по способу агрегатирования (прицепные, навесные, полунавесные), по приводу (приводные и бесприводные), по способу регулирования давления или уплотнения (регулируемые и нерегулируемые), по способу очистки поверхности от налипания (самоочищаемые, принудительно очищаемые, не очищаемые).

На основании анализа конструкций выпускаемых почвообрабатывающих катков и опубликованных материалов, можно составить классификацию прикатывающих катков (рисунок 1.2).

Анализ конструкций широко используемых катков, выявил недостатки, которые не позволяют в полной мере выполнять агротехнические требования по обработке почвы. Конструкции катков не учитывают особенности их использования в адаптивно-ландшафтной системе земледелия, т.е. не адаптированы для зон с различными агроландшафтными условиями, выполнены без использования метода модульного проектирования, не используется блочно – модульный принцип агрегатирования, имеют низкий уровень унификации, что является также препятствием для использования их в составе комбинированных почвообрабатывающих и посевных орудиях и машинах, сужает использование спектра тягового класса тракторов, противоречивы рекомендации по режимам работы почвообрабатывающих катков в составе комбинированных машин и агрегатов [3].

Существующие конструкции катков не предусматривают контролируемой регулировки по величине уплотнения и глубине почвенного слоя. К

недостаткам конструкции катков можно отнести: существующие способы очистки от налипания почвы малоэффективны и приводят к нарушениям требований по подготовке поверхностного слоя, особенно на переувлажненных почвах; значительная металлоемкость; отсутствие копирующих устройств; использование только механического воздействия статической нагрузкой; отсутствуют исследования и устройства, предусмотренные для работы на почвах, засоренных камнями; недостаточное количество исследований по обоснованию формы рабочей поверхности катков в составе комбинированных машин [13] в зависимости от предшествующей обработки. Установлено, что при одинаковой массе катка и увеличении его диаметра интенсивность изменения плотности поверхностного слоя почвы небольшая. Эти результаты согласуются также с материалами; исследователей по цилиндрическим колесам с жестким ободом. Увеличение диаметра катка приводит к менее уплотненному поверхностному слою почвы. Исследования, проведенные на катках, имеющих сложную форму рабочей поверхности, также подтверждают эти выводы.

Несмотря на то, что многие зарубежные предприятия широко используют почвообрабатывающие катки различной конструкции и типоразмеров, недостаточно материалов по исследованиям о влиянии геометрических параметров катков на качественные показатели их работы, а также о величинах и зоне распространения деформаций и напряжений в почве, что должно служить основой для разработки конструкций рабочих органов.

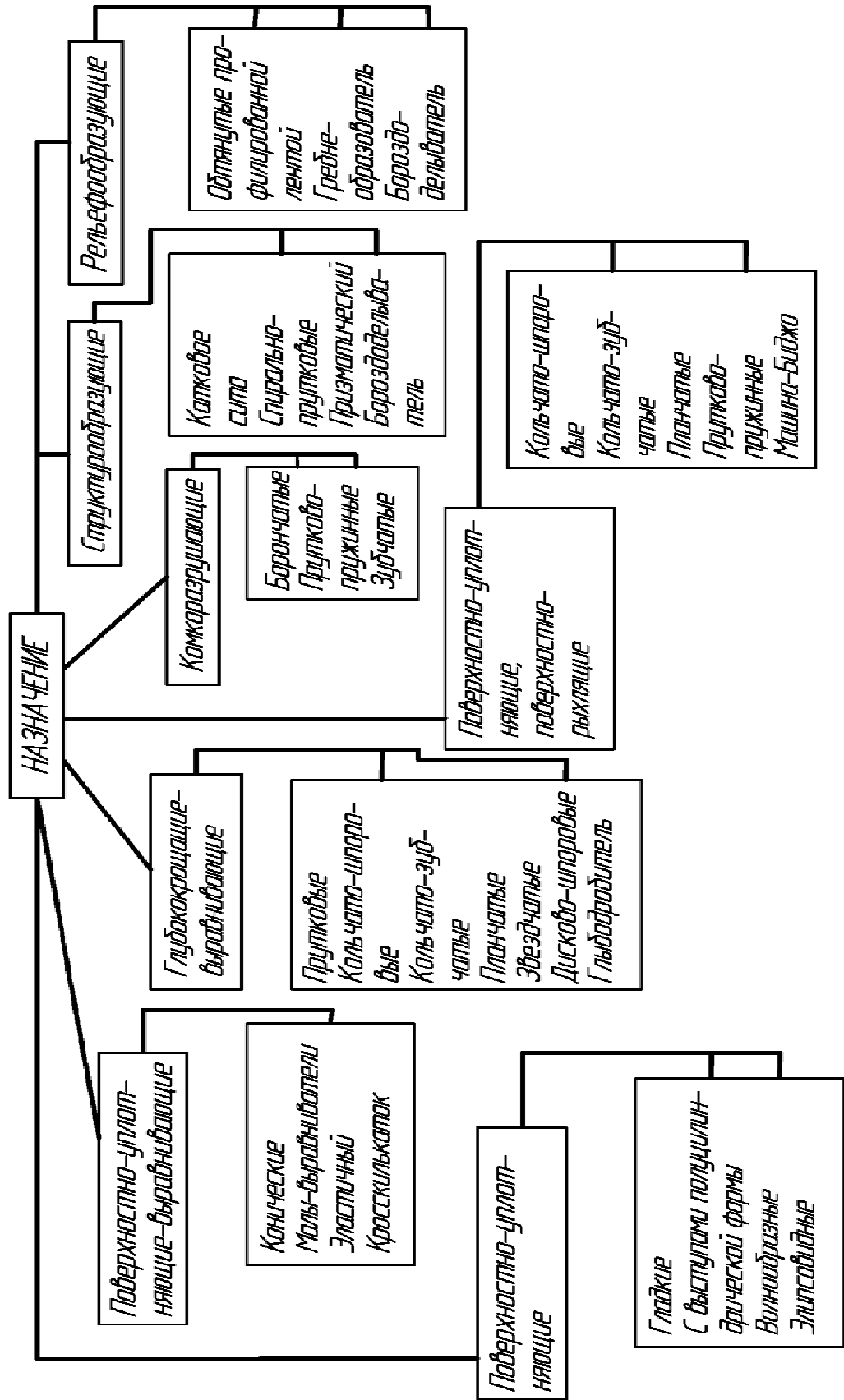


Рисунок 1.2 – Классификация

Создание нового поколения машин для обработки почвы, обеспечивающих значительное (в 2,5–3 раза) повышение производительности труда, экономию топливно-энергетических ресурсов является важным фактором импортозамещения. Создание такой техники и ее рациональная эксплуатация должны базироваться на научных исследованиях процесса технологического воздействия почвообрабатывающих органов на почву. Разработка адаптивно-ландшафтной системы земледелия и результаты ее введения указывают на необходимость создания унифицированных почвообрабатывающих средств [13] и совершенствование технологий [16]. Предполагается широкое применение катков в составе различных почвообрабатывающих и посевных машин. Предусматривается снижение металлоемкости на 25% за счет применения легких сплавов и уменьшения диаметра катков до 400–500 мм [15]. Разработка агрегатов на основе блочно-модульного принципа агрегатирования позволит снизить ширину захвата блока модуля до 0,8–1,2 м, что улучшит копирование рельефа поверхности поля и качество обработки в зависимости от назначения условий его функционирования и сделает ее более универсальным в использовании. Увеличение рабочих скоростей катков и снижение энергоемкости процесса прикатывания почвы остаются одними из первоочередных задач. Несмотря на все положительные направления тенденции развития конструкций катков, открытыми остаются некоторые вопросы. Одним из условий эффективной работы катков является возможность регулирования удельной нагрузки и обеспечения самоочистки катков.

1.2 Обзор и анализ конструкций почвообрабатывающих катков

В настоящее время катки как самостоятельное одно-операционное орудие используются редко, однако многие заводы выпускают сцепки прикатывающих катков, рассмотрим некоторые из них.

Каток кольчато-шпоровый ККШ-6 (рисунок 1.3) для уплотнения почвы до и после посева. При прикатывании почвы до посева каток выравнивает поверхность поля, разбивает комки и уплотняет, слишком рыхлую, почву.

Предпосевное прикатывание производится для задержания влаги в почве, измельчения крупных комьев земли и частичного выравнивания поверхности поля, а также для уплотнения осевшей, поздно обработанной почвы, что особенно необходимо перед посевом сельскохозяйственных культур. Данная операция снижает проскальзывание и погружение опорно-приводных колес сеялки, что повышает равномерность посева и стабилизирует глубину заделки семян. Послепосевное прикатывание – необходимая операция для влагозадержания и обеспечения контакта семян с почвой. Такой контакт создает благоприятные условия для получения более раннего и дружного прорастания семян, что имеет существенное значение в повышении урожайности при посеве в засушливых и поврежденных ветровой эрозией районах.



Рисунок 1.3 – Каток кольчато-шпоровый ККШ-6

Каток предназначен для использования во всех почвенно-климатических зонах, кроме зоны горного земледелия.

Рабочими органами катка являются цилиндры, изготовленные из стали. Перекрытие рабочих органов позволяет более качественно выполнять прикатывание, что повышает производительность.

Конструкция катка позволяет его безопасное транспортирование по дорогам общего пользования за счет возможности его перевода в положение дальнего транспорта с помощью гидравлической системы трактора, управляемой с рабочего места тракториста.

Каток кольчато-зубчатый ККЗ-12 (рисунок 1.4) предназначен для дробления комьев, разрушения почвенной корки, прикатывания почвы, уплотнения на глубину до 7 см подповерхностного и рыхления на глубину 4 см поверхностного слоев почвы. После прикатывания поверхность поля покрыта мульчированным слоем почвы, что способствует сохранению влаги.

Предпосевное прикатывание производится для задержания влаги в почве, измельчения крупных комьев земли и выравнивания поверхности поля, а также для уплотнения почвы, что особенно необходимо перед посевом сельскохозяйственных культур. Данная операция снижает проскальзывание и прогрузку опорно-приводных колес сеялки, что повышает равномерность посева и стабилизирует глубину заделки семян.



Рисунок 1.4 – Каток кольчато-зубчатый ККЗ-12

Послепосевное прикатывание - необходимая операция для влагозадержания и обеспечения контакта семян с почвой. Такой контакт создает благоприятные условия для получения более раннего и дружного прорастания семян, что имеет существенное значение в повышении урожайности при посеве в засушливых и поврежденных ветровой эрозии районах.

Каток предназначен для использования во всех почвенно-климатических зонах, кроме зоны горного земледелия. Рабочими органами катка являются диски и кольца зубчатые. Взаимное перемещение колец относительно дисков позволяет самоочищаться секциям катка от налипания влажной почвы. Конструкция катка позволяет его безопасное транспортирование по дорогам общей сети за счет возможности его перевода в положение дальнего транспорта.

При необходимости проведения прикатывания посевов с твердостью почвы менее 0,9 МПа рекомендуется использовать катки других марок (с меньшей степенью уплотнения).

Каток предназначен для работы в таких условиях:

- диапазон температур почвы - от 0 °С до +30 °С;
- влажность почвы в обрабатываемом слое - от 14 % до 23 %;
- твердость почвы в обрабатываемом слое - не более 0,4 МПа;
- гребнистость поверхности почвы (высота гребней) - не более 80 мм;
- на поле не должно быть скоплений пожнивных остатков.

Не рекомендуется применять каток на вспушенных почвах с содержанием пыльной фракции (частички размерами до 0,5 мм) больше 20%.

Каток «ФУНТ» (рисунок 1.5) агрегируется с тракторами класса 1,4...2,0 т и предназначен для уплотнения на глубину до 7 см поверхностного слоя почвы с одновременным рыхлением её на глубину до 4 см, создания мульчированного слоя почвы, способствующего сохранению влаги. Также каток производит дробления глыб, выравнивания и уплотнения пахотного слоя почвы до 10 см, предпосевного прикатывания (данная операция снижает

проскальзывание опорно-приводных колёс сеялок, что повышает равномерность высева, и стабилизирует глубину заделки семян), послепосевного прикатывания (способствует влагозадержанию и улучшению контакта семян с почвой, что обеспечивает более раннее и дружное прорастания семян, повышает урожайность),весеннего прикатывания озимых посевов, для разрушения почвенной корки, создания мульчированного слоя почвы, способствующего сохранению влаги, прикатывания сидератов.

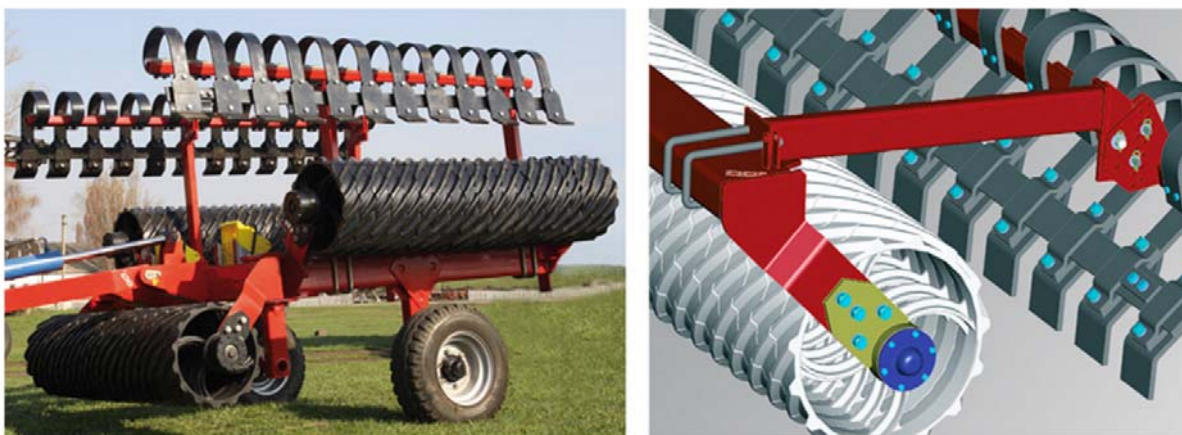


Рисунок 1.5 – Каток «ФУНТ»

Являясь самым крупным производителем плугов в Европейском Союзе, Vogel & Noot представляет программу с широким выбором профессиональной техники различных моделей и типов. Хорошо зарекомендовавшие себя на практике полевые катки Terrapak (рисунок 1.6) прекрасно уплотняют вспашку и дополнительно отлично реализуют эффект обратного уплотнения почвы. Во фронтальном положении они являются незаменимыми помощниками при комбинированном посеве.



Рисунок 1.6 – Каток Vogel & Noot TerraRoll

Имея модульную конструкцию, полевые катки могут применяться с любыми культиваторами Vogel & Noot, работая как за ними, так и в качестве фронтальных катков, при ширине захвата рабочего орудия не более 3 м. Имея быстросъемную рамку для 3-х точечной навески, они способствуют разбиванию почвы на мелкую фракцию и обратному ее уплотнению. Следующий за этим посев может проводиться при оптимальных условиях для всходов.

Почвообрабатывающий каток MAXIMUS (рисунок 1.7) это современная сельскохозяйственная машина, в которой используются новейшие технические решения. Применяемая современная система HYDRO-PRESS обеспечивает равномерное давление всех секций катка на почву. Катки могут быть оснащены кольцами типа:

- cambridge - предназначены для послепосевной обработки;
- crosskil - предназначены для дробления глыб на полях.

Прикатывающий каток представляет собой батарею шпоровых колец Crosskill (Cambridge). Именно из-за шпоровых колец (рисунок 4.8) каток Crosskill (Cambridge) обладает уникальным свойством оставаться чистым, даже когда почва относительно влажная.



Рисунок 1.7 – Каток MAXIMUS

Перевод в транспортное положение выполняется с помощью гидроцилиндров подъема. Преимущество от применения катков данного типа: выравнивание поля и разрушение глыб, улучшение контакта семян с почвой, что существенно влияет на равномерность всходов; удержание влаги; уменьшение эрозии почвы; улучшение структуры почвы. Катки MAXIMUS можно успешно применять для послеуборочной обработки для ускорения процесса гниения соломы и пожнивных остатков, а также прорастания рассыпанных семян, в том числе сорняков. Эти машины применяются также на пастбищах.

Cambridge Ø 450 mm Cambridge Ø 500 mm

Cambridge Ø 530 mm Crosskill Ø 510 mm

Рисунок 1.8 – Типы колец катка

Тяжелые почвообрабатывающие катки GNIOT (рисунок 1.9) – эффективный разбивающий и уплотняющий после пахоты инструмент. Благодаря равномерному распределению веса, крепким подшипникам и самоочисным рабочим элементам, этот высокоэффективный вал обеспечивает равномерное уплотнение почвы, уменьшая при этом испарение влаги. 2 типа катков на выбор: Каток Crosskill – диаметр 510 мм, интенсивно разбивает и уплотняет сухую и комковатую почву.



Рисунок 1.9 – Каток GNIOT

Каток Cambridge - комбинация гладких колец и плоских зубчатых дисков большого диаметра обеспечивает автоматическую очистку катка, рекомендуется для возделывания плотных и тяжелых почв. Характеристики: Тип дисков CAMBRIDGE CROSSKILL.

1.3 Обзор основных типов катков

Входящие в состав комбинированных почвообрабатывающих агрегатов катки предназначены для разбивания комьев, выравнивания поверхности поля и уплотнения почвы. Они также в ряде случаев выполняют роль регулятора глубины обработки почвы и определяют окончательную структуру семенного ложа. Наибольшее распространение на современных машинах получили планчатые, трубчатые, прутковые, зубчатые, шпоровые, клиновидные и катки в виде резиновых шин.

Комбинированные машины с активными рабочими органами комплектуются, как правило, одним рядом катков, машины с пассивными рабочими органами - двумя либо тремя рядами. Для машин, оборудованных несколькими рядами катков, характерно различное сочетание приведенных выше типов катков по рядам.

Планчатые (рисунок 1.10) и прутковые катки состоят из дисков и приваренных к ним прутков круглого сечения или планок, при этом планки могут изготавливаться зубчатыми или гладкими. Планки и прутки могут располагаться параллельно оси вращения, наклонно или по криволинейной образующей, представляя собой многозаходную спираль. Диаметр катков находится в пределах 280-400мм.



Рисунок 1.10 – Планчатый каток

Для достижения лучшего крошения почвы задние катки, в случае их двухрядного расположения, устанавливают различного диаметра, где первый каток имеет больший диаметр, а второй – меньший. Помимо крошения, выравнивания и уплотнения почвы такие катки обладают еще одним чрезвычайно важным свойством: они извлекают на поверхность поля и оставляют на ней сравнительно крупные комья земли, в то время как подвергшиеся более сильному крошению комочки почвы скапливаются в нижней части обрабатываемого (прикатываемого) слоя почвы, т.е. в слое, где высеваются семена. Это оказывает благоприятное влияние на всходы растений, поскольку комки, лежащие на поверхности поля, при выпадении осадков защищают от размывания подвергшиеся более интенсивному крошению комки почвы, находящиеся под ними.

Такой же эффект, как при использовании прутковых и планчатых катков, обеспечивают трубчатые и шпоровые катки.

Несмотря на ряд достоинств, планчатые и прутковые катки имеют и недостатки, ограничивающие возможность их применения. Так, на глинистых и суглинистых почвах повышенной влажности они забиваются почвой и растительными остатками, обладают недостаточной надежностью на почвах, засоренных камнями, заглубляются на большую глубину при работе на легких почвах, что приводит к сгруживанию почвы перед катками, не работоспособны на торфяных почвах.

Трубчатые катки (рисунок 1.11) по своей конструкции схожи с планчатыми. Их рабочие элементы – это металлические трубки, расположенные на дисках по прямолинейным или криволинейным образующим. Данные катки имеют больший диаметр (350-600мм), что обеспечивает их более высокую несущую способность. Применение таких катков рекомендуется на легких минеральных и торфяных почвах.



Рисунок 1.11 – Трубчатый каток

Отличительной особенностью шпоровых катков (рисунок 1.12) является конструкция рабочего органа. Рабочим органом у них является диск с боковыми выступами – шпорами.

Диаметр их колеблется в пределах 400-500мм. В центре диска имеется ступица с отверстием под вал, на котором собирают диски в отдельные секции. Эти катки интенсивнее крошат крупные почвенные комья, чем вышеизложенные, обладают хорошей несущей способностью. Характерной особенностью этого катка является формирование хорошо выравненной и разрыхленной поверхности почвы при одновременном качественном формировании семенного ложа на глубине 2-3см. Применение таких катков рекомендуется при подготовке почвы под посев зерновых культур.



Рисунок 1.12 – Шпоровый каток

Зубчатый каток (рисунок 1.13) представляет собой барабан круглого сечения с расположенными на нем по спирали зубцами. Такой каток является более тяжелым по сравнению с рассмотренными ранее и предназначен для разрушения почвенных комьев и интенсивного уплотнения свежевзрыхленной почвы перед посевом с одновременным выравниванием. Зубчатые катки применяются в основном на машинах с активными рабочими органами. Рекомендуются для работы на тяжелых и влажных почвах.



Рисунок 1.13 – Зубчатый каток

Для подготовки почвы под посев семян в уплотненные бороздки используются клинчатые катки. Рабочим элементом таких катков являются кольца, выполненные в виде клина и установленные на расстоянии друг от друга, равном ширине междурядий.

Для работы на тяжелых почвах применяют катки, кольца которых изготовлены металлическими и установлены на вал (Рисунок 1.14), а для работы на легких, средних и тяжелых почвах – катки, кольца которых установлены на сплошном барабане, при этом кольца могут изготавливаться как металлическими (рисунок 1.15), так и резиновыми (рисунок 1.16).



Рисунок 1.14 – Каток с металлическими дисками, установленными на оси



Рисунок 1.15 – Каток с металлическими дисками, установленными на барабане.



Рисунок 1.16 – Каток с резиновыми дисками, установленными на барабане

1.4 Выводы по разделу

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что входящие в состав комбинированных машин катки являются эффективными, если отвечают следующим требованиям:

- обеспечивают получение выровненной мелкогребнистой и мелкокомковатой поверхности;
- не допускают сильного разрушения структуры почвы и увеличения количества эрозионно-опасных фракций в верхнем слое;
- качественно готовят семенное ложе;
- не залипают почвой и не забиваются растительными остатками.

В то же время, существующие на данный момент конструкции обладают теми или иными недостатками, а именно залипание и забивание рабочих органов, значительная металлоемкость, а также неравномерное уплотняющее воздействие на почву. В связи с этим целесообразным представляется разработка новой конструкции прикатывающего катка, лишенного указанных недостатков, что позволит снизить энергетические затраты на прикатывание почвы, обеспечивая поверхностную обработку почвы и подготовку семенного ложа в соответствии с агротехническими требованиями.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Основы агротехники возделывания ячменя

Обработка почвы. Обработка почвы под ячмень начинается осенью, сразу же после уборки урожая предшествующей культуры. При такой обработке создаются благоприятные условия для сбережения в почве влаги, накопления питательных веществ, а также очищения полей от сорной растительности и многочисленных вредителей. Осенняя обработка целесообразна и с организационно-хозяйственной стороны, так как она устраняет чрезмерную напряженность в период весенних полевых работ и позволяет провести весенний сев в более ранние и сжатые сроки.

Во избежание зарастания сорняками и уплотнения после дождей рано вспаханные поля в течение летне-осеннего периода дополнительно обрабатывают. Поля, которые по организационным причинам невозможно рано поднять на зябь, невозможно взлущить сразу же после уборки предшественников. Чем раньше взлущено поле, тем лучше. Лушением уничтожаются всходы сорняков. В засушливых районах раннее лушение предотвращает испарение воды из почвы и в то же время способствует лучшему накоплению выпадаемых осадков. В северных увлажненных районах, где сравнительно небольшой период между уборкой урожая и похолоданием, на участках, чистых от сорняков, осеннее лушение в отдельных случаях может быть основным приемом обработки.

Раннее лушение обеспечивает наиболее высокую влажность пахотного слоя к моменту вспашки зяби, что положительно сказывается на качестве обработки, а также на затратах тяговых усилий. При недостаточной влажности почвы лушение целесообразно сопровождать прикатыванием поля.

Лушение проводят отвальными или дисковыми орудиями на глубину до 10 см. Отвальные луцильники во многих районах дают лучшие результаты, чем дискование, особенно на сильно засоренных участках [6].

На полях же, засоренных корневищными сорняками, более эффективна обработка дисковыми луцильниками. Отвальные луцильники для измельчения корневищ непригодны. По результатам опытов позднеосеннее разрезание корневищ пырея дисковым луцильником на глубину 10 см (без глубокой зяблевой обработки) в сочетании с весенним оборачиванием пахотного слоя обеспечивает наилучшее очищение почвы от корневищ пырея.

Однако как безотвальная, так и отвальная глубокая обработка не всегда выгоднее мелкой обработки.

Семена и посев. Урожай ячменя во многом зависит от качества посевного материала. Семена должны быть кондиционными по посевным качествам, то есть с нормальной влажностью, чистыми от сорных семян и имеющими высокий процент всхожести. В кондиционное состояние семена должны быть приведены еще с осени, сразу же после уборки урожая. Перед посевом семена протравливают против болезней.

Приемом повышения урожайности ячменя является воздушно-тепловой и солнечный обогрев семян.

При этих приемах семена выходят из состояния покоя и становятся всхожими с высокой энергией прорастания. Этот способ предпосевной обработки семян дает положительный результат также и при обогреве кондиционных семян, повышая их энергию прорастания и обеспечивая дружное и равномерное появление всходов.

Для обогрева зерно рассыпают тонким слоем (7...10 см) на открытом воздухе или в хорошо проветриваемом помещении и периодически перелопачивают. Обогрев и проветривание на солнце проводят в течение 1...2 погожих дней, а в помещении – 8...10 дней. Для воздушно-теплого обогрева большого количества семенного зерна используют зерносушилки и веялки [5].

Результаты многолетних испытаний, различных норм высева семян ячменя показали, что при норме высева 4-4,5 млн.шт. в среднем получают уро-

жай 24,2 ц/га. При норме высева 5...5,5 млн.шт. получают урожай 32,5 ц/га, а при норме высева 6...6,5 млн.шт. получают урожай 35,2 ц/га [4].

На урожай ячменя немаловажное влияние оказывает способ посева. При изучении влияния способов посева на урожай во всех опытах урожай ячменя оказался выше при узкорядном севе. Кроме обычного рядового и узкорядного, практикуется перекрестный способ посева ячменя. Преимущество перекрестного способа сева наблюдалось почти во всех хозяйствах, проделавших опыт.

Преобладающей формой рельефа полей Республики Татарстан являются склоны различной крутизны и экспозиции. При размещении ячменя на склонах сеять нужно поперек склона. Таким направлением рядков можно резко ослабить, а в ряде случаев даже полностью предотвратить смыв почвы.

Своевременный посев ячменя – важный фактор получения высоких урожаев этой культуры. Срок посева во многом зависит от почвенно-климатических условий.

В зависимости от погодных условий, сроков сева, почвы и посевного материала глубина заделки семян ячменя колеблется от 3 до 8 см. Крупные фракции зерна с высокой энергией прорастания можно заделывать несколько глубже, чем мелкие. Впервые дни сева практикуют более мелкий посев (3–5 см), в последующие дни и при запаздывании с посевом – глубокий (до 6–8 см). На легких почвах семена заделывают значительно глубже, чем на тяжелых почвах [6].

При сухой погоде мелкая заделка семян задерживает образование узла кущения, уменьшает кустистость, сопротивляемость растений засухе и ведет к значительному снижению урожая.

Глубина заделки семян и качество посева зависят также от скорости движения посевного агрегата. Установлено, что при высеве ячменя при скорости до 9 км/час глубина заделки семян мало изменяется и уменьшается при дальнейшем наращивании скорости. Количество не заделанных семян ячменя при скоростях 7,7 и 9,17 км/час не увеличивалось и заметно возрастало при

скорости 10,55 км/час. Установлено также, что равномерность распределения высеваемого зерна на площади с увеличением скорости до 9...10 км/час не изменяется. При скоростях 15...17 км/час равномерность посева ухудшается. С увеличением скорости сева уменьшалась высота гребней на поверхности и несколько увеличивалась плотность верхнего слоя почвы. Урожайность ячменя при всех скоростях сева была практически одинаковой [5].

Уход за посевами. К основным приемам ухода за посевами ячменя относятся прикатывание, боронование, прополка и подкормка посевов. Когда почва сильно иссушена, всходы ячменя не появляются продолжительное время. В таких условиях после посева ячменя поле прикатывают (кольчатыми или рубчатыми катками) с последующим мелким рыхлением поверхностного слоя легкими боронами. На хорошо окультуренной спелой почве бороновать посевы после прикатывания не всегда обязательно. Прикатывание способствует поднятию влаги из нижних слоев почвы к семенам и способствует более быстрому и дружному прорастанию семян. На сильно уплотненных тяжелых почвах, а также на изреженных посевах прикатывание не только нецелесообразно, но и вредно.

Эффективным приемом ухода за посевами, получившим широкое распространение в практике передовых хозяйств, является боронование всходов. Боронованием разрушается почвенная корка, создаются лучшие условия для уменьшения испарения влаги, достигается частичное уничтожение сорняков и лучший доступ воздуха к корням молодых растений.

В последние годы сельскохозяйственные предприятия стали широко применять химическую прополку. Для борьбы с сорняками промышленность выпускает различные гербициды, которые уничтожают сорные травы или подавляют их развитие и не оказывают вредного влияния на культурные растения.

В тех случаях, когда ячмень посеян на не удобренных полях, эффективным средством повышения урожайности является подкормка. Учитывая,

однако, биологические особенности ячменя, подкормку нужно проводить не позднее фазы кущения.

Сроки проведения подкормки, а также виды и дозы удобрений зависят от состояния посевов. На полях, где ячмень развивается слабо, в первую очередь следует вносить азот в дозе 20-30 кг действующего вещества на 1 га [4].

На почвах плодородных, хорошо окультуренных эффективны подкормки фосфорно-калийными удобрениями.

Уборка урожая. До недавнего времени ячмень, как и другие зерновые культуры, убирали преимущественно прямым комбайнированием. Уборку урожая при этом начинали с наступлением полной спелости. Известно, однако, что растения созревают не одновременно. Поэтому в первые дни уборки вместе с сухим зерном в бункер попадает зерно с повышенной влажностью. Общая масса зерна получается влажной и засоренной, что ведет к значительному увеличению затрат труда и средств на его послеуборочную обработку. Неизбежны при этом значительные простои комбайна из-за забивания его рабочих органов влажной соломой и сорными растениями.

Уборка при полном созревании ячменя также имеет недостатки. Она может быть эффективной только при сжатых сроках; малейшее запоздание с уборкой полностью созревшего зерна приводит к большим потерям урожая. Однако убрать ячмень с больших площадей в короткие сроки не всегда имеется возможность.

В настоящее время широкое распространение получила раздельная уборка урожая. Сущность раздельного способа уборки зерновых заключается в том, что работа проводится в две фазы: сначала хлеб скашивают рядковыми жатками, затем укладывают на стерне валками. После того как скошенная масса достаточно просохнет, валки подбирают и обмолачивают комбайнами, оборудованными подборщиками.

Широкий производственный опыт показывает, что раздельный способ уборки имеет ряд преимуществ по сравнению с прямым комбайнированием. Раздельный способ позволяет начать уборку в период восковой спелости и

избежать потерь зерна, которые неизбежны при растянутых сроках косовицы зрелого урожая.

Производительность комбайнов с подборщиками на обмолоте валков значительно выше, чем при прямом комбайнировании. Просохшая в валках масса легче обмолачивается. Пропускная способность молотильного аппарата комбайна увеличивается, и агрегат может работать на более высокой по сравнению с прямым комбайнированием скорости.

Высота среза растений зависит от погодных условий и состояния стеблестоя. Общим требованием для всех случаев является то, чтобы стерня обеспечивала хорошее продувание валков для их быстрее просыхания и исключала соприкосновение скошенной массы с землей. В то же время следует помнить, что при высоком срезе хотя и обеспечивается более быстрая просушка скошенной массы, но возрастают потери зерна и соломы.

При скашивании ячменя надо следить за тем, чтобы валки располагались на площади равномерно и прямолинейно. Прямолинейная укладка валков облегчает последующую работу комбайна на их подборке. Основным способом жатвы является загонный способ. Желательно, чтобы длинная сторона загона располагалась вдоль направления пахоты.

Как прямое комбайнирование, так и отдельную уборку начинают выборочно. Косовицу ячменя при уборке его отдельным способом начинают в фазе восковой спелости (влажность зерна 35–38%). Как только валки достаточно просохнут, приступают к их подбору и обмолоту.

При отдельной уборке обмолоченное зерно бывает, как правило, более сухим и чистым. Такое зерно часто не требует дополнительной обработки на току. При обработке расходуется гораздо меньше труда и средств, чем после прямого комбайнирования. Кроме того, зерно, убранное отдельным способом, лучше хранится.

Известно также, что после прямого комбайнирования солома бывает влажной и ее обычно скирдуют, предварительно подсушив в копнах. Практика показывает, что если солому заскирдовать сразу после прямого комбайни-

рования, то она нередко приобретает затхлый запах, плесневевает и теряет кормовые качества.

Всестороннее изучение показало, что затраты труда и материальных средств, при раздельном способе уборки и прямом комбайнировании одинаковые. При двухфазном способе уборки, благодаря меньшим потерям, амбарная урожайность выше в сравнении с прямым комбайнированием. Таким образом, преимущество останется на стороне раздельной уборки.

Высокая экономическая эффективность раздельной уборки несомненна. Дополнительные затраты труда на косовицу компенсируются меньшими затратами на другие производственные операции, выполняемые в процессе уборки (на сушку и подработку зерна), а также более высокой производительностью уборочных машин. Раздельная уборка позволяет своевременно снять урожай с корня, полнее и правильнее использовать зерновые комбайны.

Одним из основных факторов повышения производительности труда и снижения себестоимости ячменя является увеличение скорости машинно-тракторных агрегатов.

При избытке влаги и тепла усиливается дыхание зерна, создаются благоприятные условия для развития в нем микроорганизмов и вредителей.

Сушка понижает активность биохимических процессов, которые истощают запасы питательных веществ в зерне и ухудшают его качества. При сушке не только сохраняются запасы питательных веществ в семенах, но и улучшается их качество, повышается энергия прорастания и всхожесть. При сушке семян зерновых культур в зерносушилках температура теплоносителя не должна превышать 60-70°, а зерна – 35-45° [5].

В настоящее время в большинстве сельскохозяйственных предприятий страны широко освоена комплексная механизация послеуборочной обработки зерна. Проводят ее на стационарных зерноочистительных сушильных пунктах или механизированных токах. При этом достигается своевременная

очистка и сушка сорного и влажного зерна с наименьшими затратами труда и средств.

Комплексная механизация обработки зерна поточным методом состоит из взвешивания транспортных средств вместе с зерном, выгрузки зерна, очистки его от сорных примесей, сушки, погрузки в транспортные средства и уборки отходов.

На зерноочистительных сушильных пунктах после взвешивания зерно из автосамосвалов выгружают в завальные ямы. Из обычных автомашин зерно выгружают авторазгрузчиками. Из завальной ямы зерно подается транспортером и норией на очиститель вороха ОВП-20 или какую-либо сортировку первичной очистки.

Очищенное зерно подается норией на скребковый транспортер, распределяющий его по зерносушилкам СЗС-2. Просушенное зерно еще раз направляют на зерноочистительные машины ОС-4,5. После окончательной очистки зерно отправляют на хранение.

Кроме механизированных способов сушки зерна, можно пользоваться естественной (солнечной) сушкой. В течение дня влажность зерна солнечной сушкой может быть снижена на 3...4%. Солнечную сушку необходимо организовывать около складов. Для сушки можно использовать деревянные, кирпичные, цементированные, асфальтовые, в крайнем случае, и глинобитные площадки.

Если зерно ячменя предназначается на семена или для промышленной переработки, где большое значение имеет выравненность, проращение и другие качественные показатели зерна, то оно подвергается сортированию.

Для хранения семенного зерна отводят лучшие склады, своевременно подготовленные к приему нового урожая. Все зернохранилища не менее чем за месяц до начала уборки очищают от остатков зерна и дезинфицируют; удаляют сор из всех щелей и углублений. С целью удешевления работ по очистке складских помещений от пыли и мусора целесообразно применять пылесосы. Сметки и пыль во избежание распространения амбарных вредите-

лей сжигают или закапывают глубоко в землю. При использовании на кормовые цели их рекомендуется пропускать через кормозапарник. Тщательно очищают также и зерноочистительные машины, тару и весь складской инвентарь.

Нельзя допускать, чтобы семенной материал хранился вместе с продовольственным и фуражным зерном. Необходимо избегать засорения ячменя зерном трудно отделяемых культур (овес, пшеница).

Нельзя помещать в один заком семена с различной влажностью. Допускается объединение отдельных партий зерна, влажность которых отличается лишь на 0,5...1 %.

В течение всего периода хранения зерна, особенно семенного, необходимо систематически наблюдать за его состоянием.

Основными факторами, влияющими на качество хранящегося зерна, являются влажность и температура. Очень важно, чтобы зерно не подвергалось самосогреванию. На температурный режим большое влияние оказывают микроорганизмы (бактерии и грибки). При активной деятельности их выделяется много тепла, отчего температура зерновой массы повышается.

2.2 Разработка технологической карты возделывания и уборки ячменя

Главной целью технологической карты является обоснование увеличения производства продукции при наименьших затратах труда и средств.

Составление технологических карт способствует лучшей организации производства, дает возможность выбора наиболее экономичного агрегата для выполнения производственной операции.

В проектируемую технологическую карту записываем последовательно весь комплекс работ по культуре, начиная с подготовки почвы и заканчивая послеуборочной доработкой. По видам работ указываем необходимые агротехнические требования. При характеристике транспортных работ ука-

зываем расстояние перевозки, а на работах по борьбе с сорняками – виды гербицидов и нормы их расхода.

Перечень сельскохозяйственных работ в технологической карте даем в хронологическом порядке. Однородные работы, выполняемые при возделывании культуры в различные сроки, записываем отдельно. Физические объемы работ определяем в соответствии с размерами посевной площади, принятой агротехникой и урожайностью культуры.

Показатели по всем технологическим операциям, кроме прикатывания почвой агрегатом МТЗ-1221 + ОПО, принимаем из типовых технологических карт; на данную же операцию таких показателей нет. Поэтому необходимо произвести их расчет теоретическим путем. Расчет показателей технологической карты по этой операции проводим по существующей методике [18].

Карту рассчитываем на фактическую площадь – 180 га. Перечень операций представленных в проектируемой технологической карте, представлен на листе №2. Вначале, после уборки предшественника, производится обработка почвы гербицидом сплошного действия агрегатом МТЗ-82+Мекасан-2500-18.

Затем, во вторую декаду октября, выполняют дискование почвы агрегатом К-744Р+АДН-6 на глубину 8-10 см. Через пять дней, используя агрегат МТЗ-1221 + РМУ-8000, вносим основную дозу минеральных удобрений в количестве 400 кг/га.

Сразу после внесения удобрения проводим гладкую вспашку на глубину 20-22 см агрегатами К-744Р+ППО-8-40 и МТЗ-1221 + ППО-5-40. Состав МТА представим в таблице 2.1.

В третьей декаде апреля осуществляем корневую подкормку посевов аммиачной селитрой агрегатом МТЗ-1221 + РМУ-8000, который передвигается по полю по технологической колее (1200 мм). После культивации проводится финишная предпосевная обработка прикатывающим агрегатом

МТЗ-1221 + ОПО.

Таблица 2.1 – Технологический комплекс машин для внесения минеральных удобрений с заделкой в почву

Выполняемая операция	Состав МТА
Погрузка минеральных удобрений в рассеиватель	Амкадор-332С
Транспортировка и внесение минеральных удобрений	МТЗ-1221 + РМУ-8000
Гладкая вспашка	К-744Р+ ППО-8-40
	МТЗ-1221 + ППО-4-40
Культивация	МТЗ-1221+ КПН-8,4

Перед посевом семена обязательно протравливаются предпосевное внесение 19,5 % с.п. (2 кг/т) и обрабатываются микроудобрениями рекомендуемого состава и доз на протравливателе ПСК-15.

Доставляются семена в поле и загружаются в сеялки загрузчиком сеялок ГАЗ-САЗ-3507+ЗАЗ-1. Посев ячменя производится во второй декаде апреля рядовым способом агрегатом МТЗ-82 + СПУ-6 с формированием технологической колеи в 18000 мм.

В фазе кущения против однолетних сорняков производится обработка посевов смесью гербицидов (диамен 40 %-ный водный раствор – 1,9...2,5 л/га, лотрел 30 %-ный в.р. – 0,4...0,5 л/га). Химическую обработку посевов проводят агрегатом МТЗ-82 + Мекасан-2500-18. Доза рабочего раствора – 0,3 т/га.

Подвоз воды в поле и заправку опрыскивателей осуществляют агрегатом Т-150+МЖТ-6.

В начале фазы «выход в трубку»-стеблевание, выполняется вторая корневая подкормка ячменя аммиачной селитрой.

Уборка ячменя производится в фазе восковой спелости прямым комбайнированием, для чего используется комбайн КЗС-1218 «Полесье».

На зернотоку выполняются операции по доработке зерна. Так очистка и сушка зерна осуществляется агрегатом КЗС-20Ш. Транспортируют зерно

автомобилем КаМАЗ-5521.

Уборку соломы осуществляют следующими агрегатами (таблица 2.2):

Таблица 2.2 – Технологический комплекс машин для уборки соломы

Выполняемая операция	Состав МТА
Подбор валков с прессованием	МТЗ-82 + ПР-Ф-180
Транспортировка рулонов	МТЗ-1221 + ВТН-8
Укладка рулонов	МТЗ-82 + ПФ-0,5

2.3 Расчет показателей технологической карты

Объем работ подсчитываем по площади, занимаемой культурой с расчетом принятых показателей (расстояние между объектами, нормы внесения удобрений, нормы высева, количество полученного урожая).

Расчет основных показателей технологической карты произведем на примере дискования почвы агрегатом *МТЗ-1221+АДН-6*.

Требуемое количество агрегатов определим по выражению [18]:

$$n = Q / (D \cdot T_{см} \cdot W_ч), \quad (2.1)$$

где Q – объем работ. Расчет произведем для поля с площадью 180 га;

D – рекомендуемый календарный агротехнический срок;

$T_{см}$ – продолжительность рабочего дня. Примем $T_{см} = 7$ ч;

$W_ч$ – норма выработки агрегата за час. $W_ч = 6,2$ га/ч.

Тогда:

$$n = 180 / (5 \cdot 7 \cdot 6,2) = 0,829.$$

Принимаем $n = 1$ агрегат.

Количество рабочих, обслуживающих агрегат, определим в соответствии со схемой обслуживания машинно-тракторного агрегата. Так для данной операции необходим один механизатор.

Сменную норму выработки агрегата за агротехнический срок $W_ч$ (га/см) определим по формуле:

$$W_a = W_q T_{см}. \quad (2.2)$$

$$W_a = 6,2 \cdot 7 = 43,4 \text{ га/см}$$

Количество нормо-смен определим по формуле:

$$N_{н.см} = Q / W_a. \quad (2.3)$$

$$N_{н.см} = 180 / 43,4 = 4,147 \text{ н-см.}$$

Затраты труда в часах по каждой операции вычисляем, исходя из количества рабочих, обслуживающих агрегат в течение смены. Затраты труда механизаторов и вспомогательных рабочих $З_m$ и $З_{вс.р}$ определим по формуле:

$$З_{м(вс.р)} = Q N_{м(вс.р)} / W_q, \quad (2.4)$$

где $N_{м(вс.р)}$ – количество механизаторов (вспомогательных рабочих).

В нашем случае $N_m = 1$.

Тогда

$$З_m = 180 \cdot 1 / 6,2 = 29,03 \text{ ч.}$$

Общие затраты труда $З$ (ч) равны сумме затрат труда механизаторов затрат труда вспомогательных рабочих. Тогда

$$З = З_m + З_{вс.р} = 29,03 + 0 = 29,03 \text{ ч.}$$

Оплата труда механизаторам $S_{з.м}$ и вспомогательным рабочим $S_{з.вс.р}$ за весь объем работ определим по выражению:

$$S_{м(вс.р)} = C_n N_{н.см}, \quad (2.5)$$

где C_n – тарифная ставка за сменную норму выработки. (для механизатора 7 тарифного разряда $C_n = 3,23 \text{ руб/нормо-смену}$).

Соответственно

$$S_m = 3,23 \cdot 4,147 = 13,40 \text{ руб.}$$

$$S_{з.м} = S_m + S_{вс.р} = 13,40 + 0 = 13,40 \text{ руб.}$$

Расход топлива θ_o (л) определим по следующей формуле:

$$\theta_o = \theta_{га} Q / 100, \quad (2.6)$$

где $\theta_{га}$ – расход топлива на единицу объема работ. Для данного агрегата согласно [10] $\theta_{га} = 1,5 \text{ кг/га}$;

Имеем

$$\theta_o = 4,6 \cdot 180 / 100 = 8,28 \text{ } \text{ц}.$$

В данной последовательности выполняем расчеты по каждой операции.

2.4 Разработка операционно-технологической карты на прикатывание почвы

Для разработки операционно-технологической карты на выполнение операции прикатывания почвы определяем основные условия работы агрегата.

2.4.1 Условия работы

Для разработки операционно-технологической карты на выполнение операции прикатывания почвы определяем основные условия работы агрегата:

длина гона	– 800 м;
уклон местности	– 3 %.

2.4.2 Агротехнические требования к прикатыванию почвы

1. Сроки прикатывания поля устанавливает агроном в соответствии с состоянием почвы, влажность которой не должна превышать 20...22 %.

2. Почва после прикатывания должна быть уплотнена на глубину 4...8 см, ее плотность должна увеличиться на 30...40 % и составлять 1,14...1,25 г/см³.

3. На поверхности почвы нормальной влажности после прикатывания должен быть разрыхленный мульчирующий слой, размер комков не должен превышать 5 см.

4. Не допускается чрезмерное уплотнение переувлажненных и распыление пересохших почв, а также прикатывание гладкими катками легких по механическому составу почв, подверженных ветровой эрозии.

5. Прикатывание на склонах проводят в направлении горизонталей.

6. После прикатывания на поле не должно быть огрехов и неровностей от предыдущих обработок.

2.4.3 Комплектование агрегатов для прикатывания почвы

Задача комплектования МТА в работе ставится таким образом – для заданного состава агрегата определить рабочую передачу трактора, обеспечив его рациональную загрузку в интервале агротехнически допустимых скоростей.

Предварительно принимается ряд передач трактора, анализируя зону его рациональной тяговой загрузки по потенциальной тяговой характеристике с учетом диапазона агротехнически допустимых скоростей: 6...12 км/ч – прикатывание почвы[18].

Таблица 2.3 – Параметры потенциальной тяговой характеристики трактора МТЗ-1221

Режим эксплуатации	Показатели	Передачи					
		2д3п	2д4п	3д1п	3д2п	3д3п	3д4п
$P_{кр}=0$	V_x , км/ч	6,2	6,9	7,5	8,4	10,1	12,1
	$G_{тх}$, кг/ч	11,2	11,8	12,1	12,9	14,1	15,6
$P_{крн}$	$P_{крн}$, кН	54,2	50,7	46,4	40,6	32,6	25,9
$P_{крн}$	$N_{кр\ max}$, кВт	53,4	58,1	62,2	66,7	71,0	72,5
$P_{крн}$	$V_{рн}$, км/ч	4,0	4,9	5,7	6,8	8,7	10,9
	δ , %	32,0	24,5	20,2	15,2	9,6	6,0
	$G_{тн}$, кг/ч	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4

Принимаем 3-й диапазон 3-ю и 4-ю передачи.

Для каждой из выбранных предварительно передач определяется:

– удельное тяговое сопротивление при скорости $V_{рн}$

$$k = k_o [1 + (V_{pn} - V_0) \Delta_c / 100], \quad (2.7)$$

где V_{pn} – скорость движения трактора на номинальном режиме, км/ч;

k_o – удельное сопротивление (кН/м) при скорости $V_0 = 5$ км/ч, $k_o = 0,7$ кН/м (для прикатывания $k_o = 0,6 \dots 1,1$ кН/м) [18];

Δ_c – темп роста удельного сопротивления при увеличении скорости свыше V_0 на 1 км/час (%), принимается из интервала 3...4 %.

$$3 \text{ пер. 3 диап.} \quad k = 0,7 \cdot [1 + (8,7 - 5,0) \cdot 3 / 100] = 0,78 \text{ кН/м};$$

$$4 \text{ пер. 3 диап.} \quad k = 0,7 \cdot [1 + (10,9 - 5,0) \cdot 3 / 100] = 0,82 \text{ кН/м};$$

– рассчитываем рабочее тяговое сопротивление (кН)

$$R_{\text{тяг}} = B_k \cdot k + G_m \cdot (f_m + i / 100), \quad (2.8)$$

где f_m – коэффициент сопротивления качению агрегата, принимается $f_m = 0,11$ (табл.2.10, [9]);

B_k – конструктивная ширина захвата машины, $B_k = 12$ м;

i – уклон в направлении движения, %;

G_m – вес агрегата, $G_m = 7000 \cdot 9,81 = 68,67$ кН.

Отсюда следует

$$3 \text{ пер. 3 диап.} \quad R_a = R_{\text{тяг}} = 0,78 \cdot 12 + 68,67 \cdot (0,11 + 3 / 100) = 18,79 \text{ кН},$$

$$3 \text{ пер. 4 диап.} \quad R_a = R_{\text{тяг}} = 0,82 \cdot 12 + 68,67 \cdot (0,11 + 3 / 100) = 19,45 \text{ кН}.$$

– рассчитывается коэффициент использования номинального тягового усилия и выбирается рабочая передача трактора.

$$\eta_n = \frac{R_a}{P_{кр.н} - G_{mp} \cdot i / 100}, \quad (2.9)$$

$G_{mp} = 58,86$ кН – вес трактора,

$$3 \text{ пер. 3 диап.} \quad \eta_n = \frac{18,79}{32,6 - 58,86 \cdot 3 / 100} = 0,61,$$

$$3 \text{ пер. 4 диап.} \quad \eta_n = \frac{19,45}{25,9 - 58,86 \cdot 3 / 100} = 0,81.$$

Принимаем 3-ю передачу 4-й диапазон.

2.4.4 Расчет режимов работы агрегатов

Расчет сопротивления агрегата на холостом ходу (поворот в конце гона) производится по формулам [18]:

$$R_{ax} = G_m \cdot (f_{mp} + i/100), \quad (2.10)$$

$$R_{ax} = 68,67 \cdot (0,11 + 0,03) = 9,61 \text{ кН}.$$

Скоростей на рабочем ходу:

$$V_p = V_x - R_a \cdot (V_x - V_{pn}) / P_{крн}, \quad (2.11)$$

$$V_p = 12,1 - 19,45 \cdot (12,1 - 10,9) / 25,9 = 11,2 \text{ км/ч}.$$

Скорость на холостом ходу без переключения передачи:

$$V_{px} = V_x - R_{ax} \cdot (V_x - V_{pn}) / P_{крн}, \quad (2.12)$$

$$V_{px} = 12,1 - 9,61 \cdot (12,1 - 10,9) / 25,9 = 11,7 \text{ км/ч}.$$

Часового расхода топлива на выбранной передаче производится с использованием формул:

на рабочем ходу

$$G_{mp} = G_x + R_a \cdot (G_{mn} - G_x) / P_{крн}, \quad (2.13)$$

$$G_{mp} = 15,6 + 19,45 \cdot (25,4 - 15,6) / 25,9 = 23,0 \text{ кг/ч},$$

на холостом ходу

$$G_{mx} = G_x + R_{ax} \cdot (G_{mn} - G_x) / P_{крн}, \quad (2.14)$$

$$G_{mx} = 15,6 + 9,61 \cdot (25,4 - 15,6) / 25,9 = 19,2 \text{ кг/ч}.$$

Коэффициент использования максимальной тяговой мощности:

$$\eta_{им} = \eta_u \cdot \frac{V_p}{V_{pn}} = 0,81 \cdot \frac{11,2}{10,9} = 0,93.$$

Тяговый КПД определяется по формуле:

$$\eta_m = \frac{N_{кр}}{N_e},$$

$$N_e = \frac{R_a + G_{mp} \cdot (f_{mp} + i/100)}{3,6 \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_\delta} \cdot V_p, \quad (2.15)$$

где η_δ – КПД буксования трактора, $\eta_\delta = 1 - \delta/100 = 1 - 0,06 = 0,94$.

$$N_e = \frac{19,45 + 68,67 \cdot (0,11 + 3/100)}{3,6 \cdot 0,92 \cdot 0,94} \cdot 11,2 = 104,56 \text{ кВт},$$

$$N_{кр} = \frac{R_a \cdot V_p}{3,6} = \frac{19,45 \cdot 11,2}{3,6} = 60,51 \text{ кВт},$$

Тогда

$$\eta_m = 60,51 / 104,56 = 0,58.$$

Максимальный тяговый КПД:

$$\eta_{T \max} = N_{кр. \max} / N_{ен} = 70,5 / 114 = 0,62.$$

Коэффициент загрузки двигателя:

$$\eta_N = N_e / N_{ен} = 104,56 / 114 = 0,92.$$

Показатели скомплектованного МТА представляются в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Эксплуатационно-технические показатели агрегата

Показатели	Значения показателей
Состав агрегата	МТЗ-1221+ОПО
Конструктивная ширина захвата, м	12
Передача трактора: на рабочем ходу	III диап 4пер
при повороте	III диап 4пер
Рабочая скорость, км/ч	11,2
Скорость на повороте, км/ч	11,7
Часовой расход топлива, кг/ч: на раб. ходу	23
на повороте	19,2
при остановке с работающим двигателем	4,3
Коэффициент использования максимальной тяговой мощности	0,93
Тяговый КПД трактора	0,58
Максимальный тяговый КПД трактора	0,62
Коэффициент загрузки двигателя трактора	0,92

2.4.5 Подготовка поля

1. Перед началом работы устраняют посторонние предметы, мешающие работе агрегата.

2. Выбирают направление и способ движения с учетом конфигурации и размеров поля. При работе на полях с выраженным рельефом агрегат должен двигаться поперек склона.

3. Основной способ движения агрегата – челночный или диагонально-угловой с чередованием загонов. При челночном способе движения агрегата линию первого прохода провешивают на расстоянии половины ширины захвата, если ширина поворотных полос равна четному числу проходов. Поворотные полосы отбивают с двух сторон, по внутренним границам полос проводят контрольные борозды глубиной 8...10 см.

4. При групповой работе агрегатов выделяют участки на поле, размер которых должен составлять не менее выработки всех агрегатов за смену. Поле делят на равные участки, чтобы можно было проконтролировать работу каждого и исключить взаимные помехи в процессе работы агрегатов.

2.4.6 Кинематические характеристики МТА и рабочего участка

Для движения агрегата в поле принимаем челночный беззагонный способ движения. Повороты осуществляются на 180° в конце каждого гона, а их вид зависит от сочетания кинематических (радиуса поворота R) и технологических (рабочая ширина захвата B_p) показателей машинно-тракторного агрегата.

Для нашего агрегата с трактором МТЗ-1221 радиус $R_{min} = 5,5$ м, так как каток ОПО имеет рабочую ширину захвата агрегата $B_p = 12$ м. Следовательно $2R < B_p$, поэтому принимаем беспетлевой поворот.

Длина выезда агрегата, м:

$$e = (0,25 \dots 0,75) \cdot (l_a + l_{mp}) = 0,4 \cdot (1,6 + 6,0) = 3,04 \text{ м},$$

Ширину поворотной полосы (m) и длину поворота (m) допускается определять по упрощенным формулам [18] для беспетлевого поворота

$$E \approx 3 \cdot R + e; \quad (2.16)$$

$$E \approx 3 \cdot 5,5 + 3,04 = 19,54 \text{ м}$$

$$l_x = 6 R + 2 e, \quad (2.17)$$

$$l_x = 6 \cdot 5,5 + 2 \cdot 3,04 = 39,08 \text{ м.}$$

Как правило, ширина поворотной полосы, которая в последствии отмечается на поле, должна быть кратна рабочей ширине захвата агрегата

$$B_p = \beta \cdot B_k = 0,96 \cdot 12,0 = 11,52 \text{ м,}$$

где β – коэффициент использования конструктивной ширины захвата агрегата, принимается равным 0,96 [18].

Поэтому фактическая расчетная ширина поворотных полос уточняем в соответствии с приведенным выше правилом и при использовании в последующих расчетах обозначается E_ϕ . Принимаем $E_\phi = 23,04 \text{ м}$.

Рабочий участок для вспашки челночным способом движения имеет следующие кинематические характеристики:

- длина $L = 800 \text{ м}$ участка;
- ширина $E_\phi = 23,04 \text{ м}$ поворотной полосы;
- рабочая длина $L_p = L - 2 \cdot E_\phi = 753,92 \text{ м}$;

Для работы МТА рабочий участок должен быть предварительно подготовлен.

Затраты времени на холостое движение агрегата характеризуются коэффициентом рабочих ходов φ и коэффициентом поворотов $\tau_{нов}$. Если участок прямоугольной формы, то

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + l_x}, \quad (2.18)$$

и коэффициентом поворотов:

$$\tau_{нов} = \frac{t_x}{t_p} = \frac{l_x}{v_x} \cdot \frac{v_p}{l_p}, \quad (2.19)$$

Тогда

$$\varphi = \frac{753,92}{753,92 + 39,08} = 0,95.$$

$$\tau_{нов} = \frac{t_x}{t_p} = \frac{39,08}{11,7} \cdot \frac{11,2}{753,92} = 0,05.$$

2.4.7 Баланс времени смены

Нормируемые непроизводительные затраты времени смены включают [9]:

- на ежесменное техническое обслуживание T_{ETO} принимаются в зависимости от тягового класса трактора (класс 1,4 – 0,3 ч; класс 2 и 3 – 0,35 ч и класс 5 – 0,4 ч) $T_{ETO} = 21 \text{ мин}$;

- на подготовку к переезду в начале и конце смены $T_{nn} = 3 \text{ мин}$;

- на переезд в начале и конце смены, мин: $T_{нк} = 15 \text{ мин}$;

- на получение наряда и сдачу работ $T_{ннз} = 4 \text{ мин}$;

- на физиологические нужды $T_{\phi} = (0,03...0,05)T_{CM}; = 0,03 \cdot 7 = 0,21 \text{ ч} = 12 \text{ мин}$;

- время смены $T_{cm} = 7 \text{ ч}$.

Подготовительно-заключительное время (ч) рассчитывается по формуле [18]:

$$T_{n.з} = T_{ETO} + T_{nn} + T_{нк} + T_{ннз}. \quad (2.20)$$

$$T_{n.з} = 21 + 3 + 15 + 4 = 43 \text{ мин} = 0,72 \text{ ч}$$

Затраты времени на переезды с участка на участок в течении смены принимаются $T_{пер} = 0$, т.к. площадь поля не менее дневной выработки агрегата.

Внецикловые нормируемые затраты времени, ч:

$$T_{в.ц} = T_{n.з} + T_{\phi} + T_{пер}. \quad (2.21)$$

$$T_{в.ц} = 0,72 + 0,21 + 0 = 0,93 \text{ ч}$$

Определяем продолжительность одного цикла:

$$t_{ц} = t_{p.ц.} \cdot (1 + \tau_{нов}) + t_{тех.ц.}, \quad (2.22)$$

$$t_{p.ц.} = \frac{2L_p}{V_p}, \quad (2.23)$$

$$t_{p.ц.} = \frac{2 \cdot 0,754}{11,2} = 0,135 \text{ ч}$$

Время технического обслуживания за кинематический цикл $t_{техн.ц.} = 0,03$ мин. Тогда получаем:

$$t_{ц} = 0,135 \cdot (1 + 0,05) + 0,03 = 0,172 \text{ ч}.$$

Определяем количество циклов за смену:

$$n_{ц} = \frac{T_{см} - T_{в.ц.}}{t_{ц}} \quad (2.24)$$

$$n_{ц} = \frac{7 - 0,93}{0,172} = 35,29$$

За время смены у нас 36 рабочих цикла.

Вследствие округления происходит увеличение времени смены до значения [18]:

$$T_{см}^{\phi} = n_{ц}^{окр} \cdot t_{ц} + T_{в.ц.} = 36 \cdot 0,172 + 0,93 = 7,12 \text{ ч}$$

Время чистой работы комплекса:

$$T_p = t_{p.ц.} \cdot n_{ц}, \quad (2.25)$$

$$T_p = 36 \cdot 0,135 = 5,62 \text{ ч};$$

Затраты времени на холостой ход:

$$T_x' = \tau_{нов} \cdot T_p, \quad (2.26)$$

$$T_x' = 0,05 \cdot 5,62 = 0,28 \text{ ч}.$$

Общее время холостого хода за смену:

$$T_x = T_{п.нк} + T_x', \quad (2.27)$$

$$T_x = 0,28 + 0,304 = 0,584 \text{ ч}.$$

Время остановок с работающим двигателем:

$$T_0 = T_{см} - (T_p + T_x), \quad (2.28)$$

$$T_0 = 7,12 - (5,62 + 0,584) = 0,916 \text{ ч}.$$

Определим полный коэффициент использования времени смены:

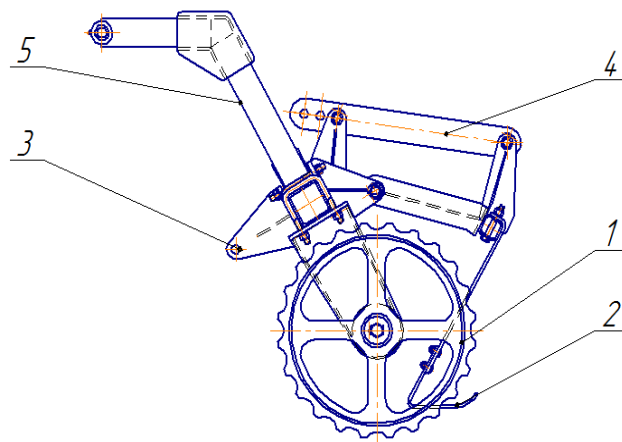
$$\tau_{см} = \frac{T_p}{T_{см}}, \quad (2.29)$$

$$\tau_{см} = \frac{5,62}{7,12} = 0,79.$$

Перв. примен.	3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ				
	3.1 Обоснование предлагаемой модернизации				
Справ. №	Модернизируемый прикатывающий каток оснащен зубчатым катком, который служит для мульчирования, размельчения крупных комьев почвы, прикатывания и выравнивания. Диски катка устанавливаются с зазором между дисками. При работе катка он вдавливаются в землю на глубину h и наличие зазора между дисками может привести к блокированию почвы между диском и забиванию междискового пространства. Кроме того выдавливание почвы вверх приводит к снижению выровненности поля – появления гребней слабоуплотненной почвы. Для решения данных недостатков предлагаем ввести в междисковый зазор пластинчатый отсекаТЕЛЬ выполняющий две функции – очистку зазора от забивания и ликвидацию гребней и уплотнения почвы. С этой целью отсекаТЕЛЬ имеет опорную поверхность установленную с тупым углом по отношению к направлению движения. Для обеспечения постоянного угла опорной поверхности отсекаТЕЛЯ, он закреплен на раме при помощи паралелограммного механизма. Для изменения угла используется изменение длины верхней тяги паралелограммного механизма.				
	Данная разработка позволит сократить расход мощности двигателя при заглублении рабочих органов при работе на тяжелых почвах, за счет этого уменьшится расход топлива.				
Подпись и дата	Для дробления глыб, уплотнения почвы и ее выравнивания применяется кольчато-зубчатый каток.				
	Взаим. инв. №				
Инв. № дубл.	Подпись и дата				
	Инв. № инв.				
Инв. № подл.	Подпись и дата				
	Инв. № дубл.				
ВКР.35.03.06.128.18.0П0.00.00.00 ПЗ					
Орудие для поверхностной обработки почвы					
Казанский ГАУ каф. «ОИД» 241 группа					

Для транспортировки катка имеется колесный ход 5. Для управления рабочими органами служит гидросистема 6. Для обеспечения безопасности при транспортировке катков оборудован пневматической тормозной системой 7.

На рисунке 3.2 представлена модернизируемая катковая секция. Модернизация катковой секции заключается в установке плоских ножей 2 между зубчатыми катками 1, которые выполняют функцию прикатывания, и выравнивания почвы, за счет пружинного исполнения. Также плоские ножи выполняют функцию очистки зубчатых катков. Параллелограммная система крепления плоского ножа 2 имеет многорычажное исполнение, что позволяет в широких диапазонах регулировать глубину обработки ножами при помощи регулировочного механизма 4, регулировать степень прикатывания почвы и так же позволяет увеличить скорость обработки и снизить затраты на связанные с техническим обслуживанием.



1 – зубчатый каток, 2 – плоский нож, 3 – кронштейн,
4 – регулировочный механизм, 5 –рама

Рисунок 3.2 – Каток с плоским ножом

Рабочий каток катка протекает следующим образом. При движении агрегата по полю зубчатые катки разрушают почвенные комки, рыхлят и

выравнивают поверхность почвы, а плоские ножи, установленные между катками, уплотняют ту почву, которая выдавливается между дисками катка. В случае забивания междискового пространства катка плоские ножи выполняют роль чистика.

3.3 Технологические расчеты

3.3.1 Определение диаметра катка

Основным параметром катков является его диаметр и ширина обода.

Диаметр должен быть таким, что бы при встрече с препятствием в виде кромки колеи или комком каток через них перекатывался и разрушал их. В противном случае почва будет сгуживаться перед катком. Для концентрации напряжений на комках почвы выполним каток в виде дисков расположенных с зазором относительно друг друга. Рассмотрим работу катка согласно рисунка 3.3.

Для нормальной работы катка необходимо защемление почвенных комков, т. е. должно соблюдаться условие

$$\delta \leq \varphi_1 + \varphi_2 ; \tag{3.1}$$

где δ – угол защемления;
 φ_1 – угол трения комка о каток, $\varphi_1=20$ [9];
 φ_2 – угол трения комка о поверхность поля (почвы о почву), $\varphi_2=40$ [9].

Для получения зависимости между радиусами комка $r_{км}$ и катка $r_{кт}$ (рисунок 3.3) выразим высоту расположения точки контакта катка и комка АВ через $r_{кт}$ и $r_{км}$. Как вытекает из рисунка 3.3:

Перв. примен.						
Справ. №						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.128.18.0П0.00.00.00 ПЗ	Лист

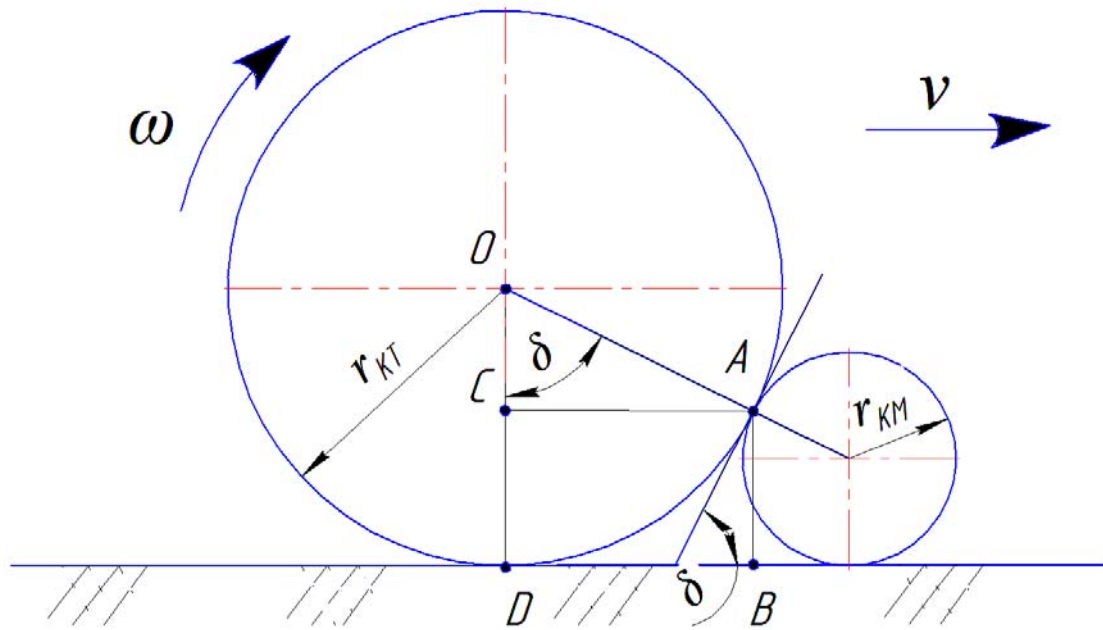


Рисунок 3.3 – Схема к определению минимального радиуса катка

$$AB = r_{кМ} + r_{кМ} \cos \delta = r_{кМ} - r_{кМ} \cos \delta; \quad (3.2)$$

где $r_{кМ}$ – радиус комка, м;

$r_{кТ}$ – радиус катка, м.

Или после преобразований:

$$r_{кМ} \cos^2 \delta / 2 = r_{кМ} \sin^2 \delta / 2; \quad (3.3)$$

Принимая во внимание предельный случай, когда:

$$\delta = \phi_1 + \phi_2; \quad (3.4)$$

И решая уравнение относительно $r_{кТ}$, получим максимальный радиус катка, который будет защемлять и вдавливать комки радиуса $r_{кМ}$ без протаскивания вперед:

$$r_{кТ} = \frac{r_{кМ}}{\tan^2 \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}}; \quad (3.5)$$

Этот вывод подтверждается экспериментально: перед катком небольшого диаметра всегда образуется высокий валик из почвенных комков, перемещающийся в направлении движения агрегата.

Согласно условий работы чизельных лап на задернелой почве размер комков может находиться в пределах 10...15 см [12].

Определим радиус катка, с которыми будет хорошо справляться каток:

$$r_{\text{кт}} = \frac{0,15}{\text{tg}^2 \frac{20 + 40}{2}} = 0,263 \text{ м};$$

Принимаем каток радиусом 270 мм.

3.3.2 Определение глубины погружения катка

Для обеспечения уплотнения почвы и разрушения комков согласно [14] удельное давление должно быть порядка 23Н на 1 см обода.

Рассмотрим режим работы единичного диска кольчато-зубчатого катка.

При движении диска будет образовываться колея глубиной h (рисунок 3.4).

Тяговое усилие катка определяется по выражению [17]:

$$T = \frac{b \cdot g \cdot h_2}{2}, \tag{3.6}$$

где g – коэффициент смятия почвы, g=8,9 Н/см².

С другой стороны согласно формулы Грандвуале-Горячкина [9]:

$$T = 0,86 \sqrt[3]{\frac{P^4}{bgD^2}}; \tag{3.7}$$

где D = 2r_{кт} – диаметр катка;

P – сила давления катка на почву

Перв. примен.						
Справ. №						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.128.18.ОПО.00.00.00 ПЗ	Лист

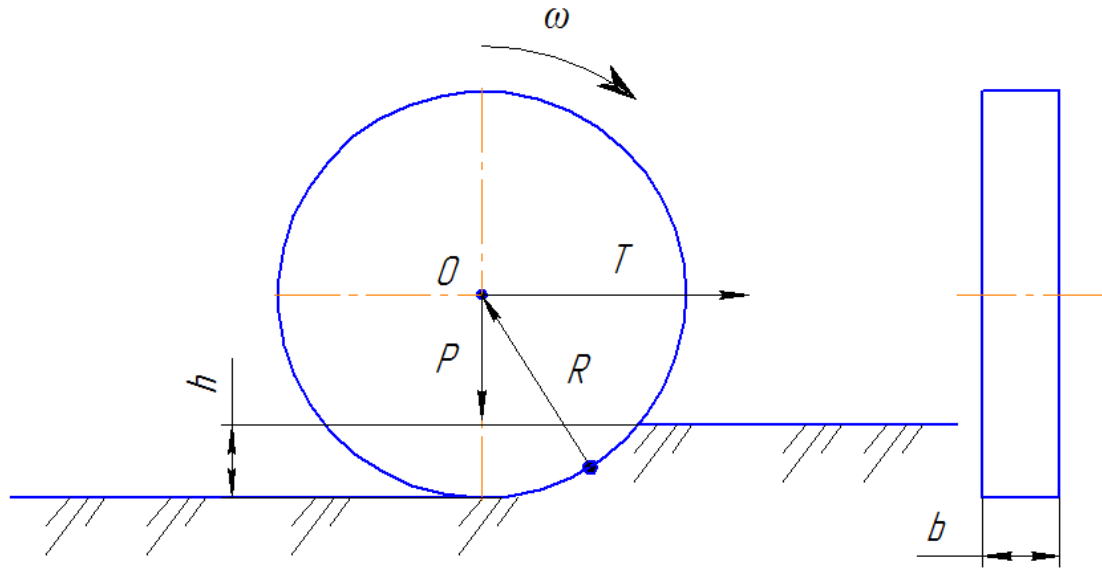


Рисунок 3.4– Схема для определения глубины колеи

Приравняв формулы определим глубину колеи образуемую катком:

$$h = 1,31 \sqrt[3]{\frac{P^2}{b^2 g^2 D}}; \quad (3.8)$$

Тогда

$$h = 1,31 \sqrt[3]{\frac{23^2}{5^2 \cdot 8,9^2 \cdot 45}} = 6,9 \text{ см.}$$

Наличие вдавливания диска катка в почву на глубину h и зазора между дисками может привести к блокированию почвы между диском и забиванию междискового пространства.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

3.3.3 Определение нагрузки на отсекаТЕЛЬ

Определим нагрузку испытываемую уплотнителем при работе. Согласно рисунка 3.5 на уплотнитель действуют силы от сдвига почвы R и сила T от смятия почвы при уплотнении.

Принимаем глубину погружения пластины равной половине глубины погружения катка h в почву и с учетом зазора между дисками a [9].

$$R = g \cdot a \cdot \frac{h}{2}; \tag{3.9}$$

Тогда

$$R = 8,9 \cdot 10 \cdot \frac{6,9}{2} = 307,5H.$$

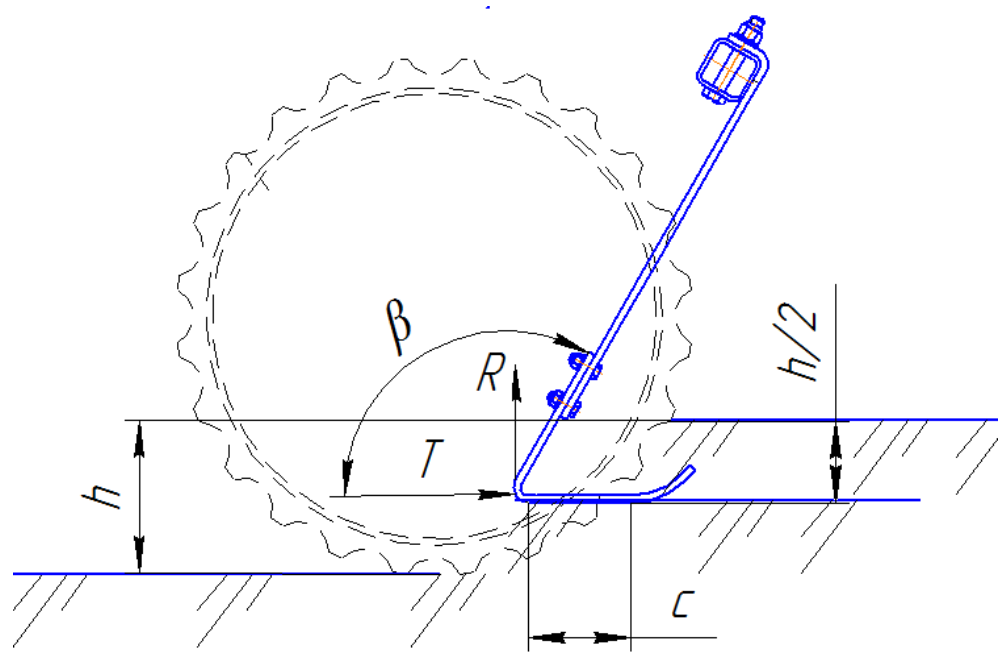


Рисунок 3.5 – Схема для определения усилий, действующих на пластину уплотнителя

С учетом минимального угла вхождения опорной пластины в почву $\beta = 160^\circ$ сопротивление почвы смятию определи из выражения:

P - шаг резьбы, $P=1,5$ мм;

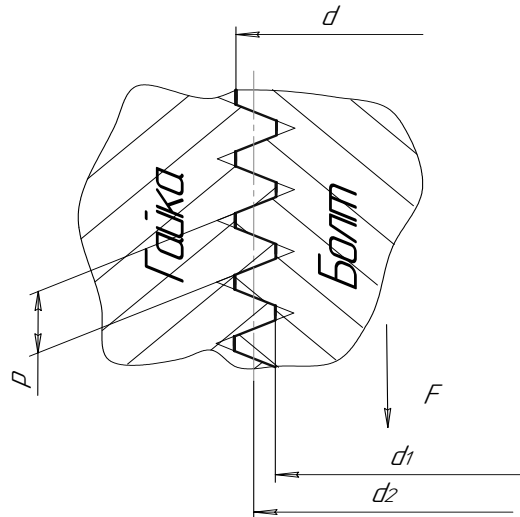
$$Z = \frac{20}{1,5} = 13,3 \text{ шт.}$$

d_1 - внутренний диаметр резьбы, мм;

d_2 - средний диаметр резьбы, мм;

d - наружный диаметр резьбы, мм;

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



d - наружный диаметр резьбы; d_1 - внутренний диаметр резьбы;
 d_2 - средний диаметр резьбы; P - шаг резьбы; F - сила затяжки болта.

Рисунок 3.6 - Схема резьбового соединения

По ГОСТ 9150-59 $d_1 = 18,376$ мм, $d_2 = 19,026$ мм, $d = 20$ мм,
 $K_M = 0,56...0,75$, для стали 35 $[\sigma_{CM}] = 0,8\sigma_T$, где $\sigma_T = 320$ Н/мм².

Тогда

$$\sigma_{CM} = \frac{4 \cdot 48937}{3,14(20^2 - 18,376^2) \cdot 13,3 \cdot 0,65} = 115 \text{ МПа.}$$

					Перв. примен.	
					Справ. №	
					Подпись и дата	
					Инв. № дубл.	
					Взам. инв. №	
					Подпись и дата	
					Инв. № подл.	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.128.18.ОПО.00.00.00 ПЗ	
						Лист

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

Условие: $115 < 256 \text{ Н/мм}^2$ показывает о способности резьбового соединения надежно работать на смятие.

Касательные напряжения среза резьбы определяются: - для болта [6]:

$$\tau_1 = \frac{F}{\pi d_1 H R K_M} \leq [\tau_{CP}], \quad (3.20)$$

где $R=0,8$ для метрической резьбы,

$$\tau_1 = \frac{48927}{3,14 \cdot 18,376 \cdot 20 \cdot 0,87 \cdot 0,65} = 75 \text{ МПа;}$$

- для гайки [6]:

$$\tau_2 = \frac{F}{\pi d H R K_M} \leq [\tau_{CP}], \quad (3.21)$$

$$\tau_1 = \frac{48927}{3,14 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 0,87 \cdot 0,65} = 69 \text{ МПа;}$$

Болт и гайка изготовлены из стали 35

$$[\tau_{CP}] = 0,2 \sigma_T = 0,2 \cdot 320 = 64 \text{ МПа,}$$

$$[\tau_{CP}] < \tau_1 \quad (3.22)$$

$$[\tau_{CP}] < \tau_2 \quad (3.23)$$

Это указывает на необходимость увеличения диаметра болта и гайки или применения лучшего материала.

Для стали 40 $[\tau_{CP}] = 0,3 \sigma_T = 96 \text{ МПа ;}$

Тогда $96 > 75 \text{ Н/мм}^2$, $96 > 69 \text{ МПа}$, что указывает на надежность работы соединения.

Перв. примен.																				
Справ. №																				
Подпись и дата																				
Инв. № дубл.																				
Взам. инв. №																				
Подпись и дата																				
Инв. № подл.																				
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>									Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						ВКР.35.03.06.128.18.ОПО.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

3.5 Инструкция по охране труда при работе с орудием

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель предприятия

(подпись)

(фамилия, инициалы)

(дата)

ИНСТРУКЦИЯ

по безопасности труда тракториста
при работе с прикатывающим катком

Общие требования безопасности

К самостоятельной работе в качестве механизатора допускаются лица мужского пола не моложе 18 лет и прошедшие [7]:

- соответствующую профессиональную подготовку, в том числе по вопросам охраны труда, имеющие удостоверение на право управления трактором соответствующей категории;
- медицинский осмотр и признанные годными по состоянию здоровья для управления трактором;
- вводный и первичный инструктаж на рабочем месте, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда.

Механизатор обязан:

- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка;
- соблюдать правила дорожного движения;
- ежегодно проходить проверку знаний по охране труда;
- выполнять только ту работу, которая поручена непосредственным руководителем работ;
- знать и совершенствовать методы безопасной работы;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.128.18.ОПО.00.00.00 ПЗ

Лист

Перв. примен.		Справ. №	-соблюдать технологию производства работ, применять способы, обеспечивающие безопасность труда, установленные в инструкциях по охране труда, проектах производства работ, технологических картах, инструкциях по эксплуатации; -использовать инструмент, приспособления, инвентарь и средства индивидуальной защиты по назначению, об их неисправностях сообщать руководителю работ; -знать местонахождение и уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения; -при необходимости обеспечить доставку (сопровождение) потерпевшего в лечебное учреждение; -в соответствии с характером выполняемой работы правильно использовать предоставленные ему средства индивидуальной защиты, а в случае их отсутствия или неисправности уведомить об этом непосредственного руководителя; <i>Требования безопасности перед началом работы</i> До начала работы проверить с мастером порядок выполнения указаний по безопасным способам и порядок выполнения операций, предусмотренных технологической картой, с которой бригада (звено) знакомится до работы. Без разрешения мастера не изменять установленного порядка. Опасные зоны и места отдыха обозначить предупреждающими знаками [7]. При подготовке почвы на вырубках предварительно расчищают проходы. Не разрешается: - производить работу плугами, фрезами, дисковыми культиваторами на площадях с количеством пней более 500 шт. на 1 га без расчистки проходов; - работать в опасной зоне валки деревьев. На крутых сильно эрозированных склонах произвести засыпку промоин и установку в них опорных клеток для предотвращения осыпания грунта.				
Подпись и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.		
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

ВКР.35.03.06.128.18.0П0.00.00.00 ПЗ

Лист

Обработку почвы машинами и орудиями допускается производить на склоне не более 8 градусов для колесных тракторов и 12 градусов для гусеничных при движении агрегата поперек склона по горизонталям. При вынужденной остановке трактора на склоне он должен быть заторможен и закреплен, а двигатель выключен.

При работе двух и более машин на склоне расстояние между ними должно быть не менее 60 м, а по горизонтали не менее 30 м. Работа на склоне на одной вертикали не разрешается, скорость движения на склоне и террасе—на первой передаче.

Прекратить работу при скорости ветра более 11 м/сек., в грозу, в период ливневых дождей, в снегопад и при густом тумане (видимость менее 50 м).

Во время грозы приостановить работу, занять безопасное место в помещении, на поляне, участке лиственного молодняка, между деревьями, растущими на расстоянии 20 м друг от друга, в горах и холмистой местности ближе к середине склона, по возможности расположиться на изолирующем материале (сухой валежник, мох, береста), удалить от себя металлические предметы, механизмы.

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.

Убедиться в отсутствии энцефалитного клеща, при наличии—удалить.

О всех замечаниях по работе сообщить должностному лицу и занести замечания в журнал административно-общественного контроля по охране труда.

Требования к сельскохозяйственным машинам и орудиям

Рычаги управления машинами и орудиями должны легко приводиться в действие и надежно удерживаться в установленном положении защелками; на рукоятках не должно быть заусениц и острых углов.

Если на машине имеются резервуары, находящиеся под давлением, их предварительно проверяют. Проверяют также манометры и предохранительные клапаны.

Согласовано

Специалист по ОТ

(подпись)

(подпись)

Представитель профкома

(подпись)

3.6 Техничко-экономическая оценка конструкции

Рассчитываем производительность агрегата в базовом варианте [2].

Часовая производительность:

$$W_{\mathcal{Z}_n} = 9,63 \cdot 400 = 3852 \text{ га.}$$

Затраты труда на обработку почвы:
при существующей технологии

$$Tn_{\delta} = \frac{Л}{W_{\mathcal{U}_{\delta}}}, \tag{3.30}$$

где Л – число рабочих обслуживающих агрегат, чел.

$$Tn_{\delta} = \frac{1}{8,81} = 0,10 \text{ чел.} \cdot \text{ч} / \text{га};$$

при проектной технологии

$$Tn_n = \frac{Л}{W_{\mathcal{U}_n}}, \tag{3.31}$$

$$Tn_{\delta} = \frac{1}{9,63} = 0,297 \text{ чел.ч} / \text{га.}$$

Снижение затрат труда

$$C_{\text{III}} = \frac{Tn_{\delta} - Tn_n}{T_{\mathcal{U}_{\delta}}} \cdot 100, \tag{3.32}$$

$$C_{\text{III}} = \frac{0,11 - 0,10}{0,11} \cdot 100 = 9,1\%$$

Удельные прямые эксплуатационные затраты в рублях на единицу работы определяются по формуле [2]:

$$\text{Эз.уд.} = \mathcal{Z}\text{п} + \text{Ат} + \text{Рт} + \text{Тс} + \text{Пз}, \tag{3.33}$$

где Эз.уд. – удельные прямые эксплуатационные затраты, руб./га;
 $\mathcal{Z}\text{п}$ – заработная плата обслуживающего персонала (с начислениями), руб./га;
 Ат – амортизационные отчисления на полное восстановление основных средств, руб./га;
 Рт – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./га;
 Тс – затраты на топливо, руб./га;
 Пз – прочие прямые затраты, руб./га.
 Полная заработная плата механизаторов, занятых на междурядной обработке:

Перв. примен.							
Справ. №							
Подпись и дата							
Инв. № дубл.							
Взам. инв. №							
Подпись и дата							
Инв. № подл.							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.128.18.0П0.00.00.00 ПЗ		Лист

Сч – часовая тарифная ставка руб./ч;

K_o – коэффициент увеличения оплаты труда;

Рс – отчисления на социальные нужды, %.

При существующей технологии

$$3_{II\delta} = \frac{1 \cdot 120 \cdot 1,5 \cdot 1,271}{8,81} = 25,97 \text{ pyб. / } \text{га}$$

При проектной технологии

$$3_{\Pi\delta} = \frac{1 \cdot 120 \cdot 1,5 \cdot 1,271}{9,63} = 23,75 \text{ pyб. / } \text{га}$$

Амортизационные отчисления на восстановление основных средств определяют по формуле [2]:

$$A_T = \sum_{i=1}^n \frac{Bc_j \cdot a_j \cdot T_{cm}}{100 \cdot T_{3_i} \cdot W_{q_i}}, \quad (3.35)$$

где Бс – балансовая стоимость машины, входящей в состав агрегата, руб.;

а - норма амортизационных отчислений j-ой машины, входящей в состав агрегата, %;

T_3 – годовая загрузка j-й машины, ч;

$W_{\text{ч}}$ – часовая производительность, га/ч;

n – количество тракторов и сельскохозяйственных машин в агрегате.

При существующей технологии

$$A_{T\bar{\phi}} = \frac{B_{\text{см}} \cdot a}{100 \cdot W_{q_{\bar{\phi}}} \cdot T_3} + \frac{B_{\text{ск}_{\bar{\phi}}} \cdot a}{100 \cdot W_{q_{\bar{\phi}}} \cdot T_{3\kappa}} \quad (3.36)$$

$$A_{T\delta} = \frac{1130000 \cdot 9,1}{100 \cdot 8.81 \cdot 1095} + \frac{220000 \cdot 12,5}{100 \cdot 8.81 \cdot 400} = 18,45 \text{ pyб./} \text{ } \mathcal{Z}a;$$

При проектной технологии

Перв. примен.	
Справ. №	

Подпись и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

$$A_{Tn} = \frac{Бст \cdot a}{100 \cdot W_{ч_n} \cdot T_3} + \frac{Бск_n \cdot a}{100 \cdot W_{ч_n} \cdot T_{3к}} \quad (3.37)$$

$$A_{Tn} = \frac{1130000 \cdot 9,1}{100 \cdot 9,63 \cdot 1095} + \frac{160000 \cdot 12,5}{100 \cdot 9,63 \cdot 400} = 14,94 \text{ руб. / га.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание агрегатов для предпосевной культивации рассчитывают по формуле [2]:

$$P_T = \sum_o^n \frac{Бс_j \cdot p_j \cdot T_{см}}{100 \cdot T_{3_j} \cdot W_{ч_j}}, \quad (3.38)$$

где p – норматив затрат на ремонт и планово-техническое обслуживание, %;

При существующей технологии

$$P_{T6} = \frac{Бст \cdot p}{100 \cdot W_{ч_6} \cdot T_3} + \frac{Бск_6 \cdot p}{100 \cdot W_{ч_6} \cdot T_{3к}} \quad (3.39)$$

$$P_{T6} = \frac{1130000 \cdot 10}{100 \cdot 8,81 \cdot 1095} + \frac{220000 \cdot 6}{100 \cdot 8,81 \cdot 400} = 15,43 \text{ руб. / га};$$

При проектной технологии

$$P_{Tn} = \frac{Бст \cdot p}{100 \cdot W_{ч_n} \cdot T_3} + \frac{Бск_n \cdot p}{100 \cdot W_{ч_n} \cdot T_{3к}} \quad (3.40)$$

$$P_{Tn} = \frac{1130000 \cdot 10}{100 \cdot 9,63 \cdot 1095} + \frac{160000 \cdot 6}{100 \cdot 9,63 \cdot 400} = 13,19 \text{ руб. / га.}$$

Стоимость топлива [2]:

при существующей технологии

$$T_{с6} = \frac{q \cdot Цк}{W_{ч_6}}, \quad (3.41)$$

где q – часовой расход топлива на единицу наработки, кг/час;

$Цк$ – комплексная цена 1 кг топлива (35 рублей).

$$T_{с6} = \frac{9 \cdot 35}{8,81} = 35,75 \text{ руб / га};$$

при существующей технологии

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$T_{Cn} = \frac{q \cdot Цк}{Wч_n}, \tag{3.42}$$

$$T_{Cn} = \frac{9 \cdot 35}{9,63} = 32,7 \text{ руб / га.}$$

Прочие прямые затраты определяем от суммы прямых затрат (10%).

Прямые эксплуатационные затраты:

при существующей технологии

$$\mathcal{E}_{удб} = 25,97 + 18,45 + 15,43 + 35,75 = 95,6 \text{ руб./ га};$$

при проектируемой технологии

$$\mathcal{E}_{удн} = 23,75 + 14,94 + 13,19 + 32,7 = 84,5 \text{ руб./ га};$$

Прочие прямые затраты:

$$П_з = \mathcal{E}_{уд} \cdot 0,1 \tag{3.43}$$

$$П_{зб} = 95,6 \cdot 0,1 = 9,56 \text{ руб / га};$$

$$П_{зн} = 84,5 \cdot 0,1 = 8,45 \text{ руб / га.}$$

Всего прямых удельных эксплуатационных затрат:

$$\mathcal{E}_{удб} = \mathcal{E}_{удб} + П_{зб} = 95,6 + 9,56 = 105,16 \text{ руб / га};$$

$$\mathcal{E}_{удн} = \mathcal{E}_{удн} + П_{зн} = 84,5 + 8,45 = 92,95 \text{ руб / га};$$

Годовые эксплуатационные затраты на весь объем выполняемых работ:

$$\mathcal{E}_{з.б} = \mathcal{E}_{уд.б} \cdot Qб, \tag{3.44}$$

где Qб – годовой объём работ, га.

$$\mathcal{E}_{з.б} = 105,16 \cdot 400 = 42064 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{з.н} = 92,95 \cdot 400 = 37180 \text{ руб.}$$

Использование модернизированного модульного катка для возделывания ячменя и других зерновых обеспечивает повышение урожайности на 2 %.

Определяем годовую экономию и годовой экономический эффект с учетом прибавки дополнительной продукции [2]:

$$\mathcal{E}_г = \left(\mathcal{E}_{зб} \cdot \frac{Qн}{Qб} - \mathcal{E}_{зн} \right) + Д, \tag{3.45}$$

Эг – объем работ при базовом и проектируемом вариантах, га.;

Перв. примен.						
Справ. №						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.128.18.ОПО.00.00.00 ПЗ	Лист

Эуд – удельные эксплуатационные затраты при базовом и проектируемом вариантах, руб./га;

Д – денежная оценка дополнительно полученной продукции, руб./га.

$$\Gamma_{\text{ЭФ}} = \left(P_{\text{з.удб}} \cdot \frac{Q_n}{Q_b} - P_{\text{з.удн}} \right) + D, \quad (3.46)$$

где $P_{\text{з.уд}}$ – удельные приведенные затраты, руб/га.

Определяем стоимость дополнительной продукции, получаемой за счет роста урожайности картофеля:

$$D = (\Delta H_y \cdot C) \cdot Q_n, \quad (3.47)$$

где C – цена 1ц продукции (630 руб.);

Q_n – площадь под картофель (400 га)

$$D = [(28 \cdot 1,02 - 28) \cdot 580] \cdot 400 = 129,92 \text{ тыс.руб}$$

Годовая экономия с учетом дополнительной продукции

$$\text{Э}_r = \left(42064 \cdot \frac{400}{400} - 37180 \right) + 129920 = 134,8 \text{ тыс.руб.}$$

Удельные приведенные затраты:

$$P_{\text{з.уд}} = \text{Э}_{\text{уд}} + E_n \cdot K_{\text{уд}}, \quad (3.48)$$

где $\text{Э}_{\text{уд}}$ – удельные эксплуатационные затраты, руб./га;

E_n – норматив приведения разновременных затрат и результатов, численно равный нормативу эффективности капитальных вложений ($E_n=0,1$); [2]

$K_{\text{уд}}$ – удельные капитальные вложения, руб/га.

Удельные капитальные вложения определяются по формуле [2]:

$$K_{\text{уд}} = \frac{B_c}{W_{\text{ч}} \cdot T_3}, \quad (3.49)$$

где B_c – балансовая стоимость машины, руб.;

$W_{\text{ч}}$ – часовая производительность машины, га/ч;

T_3 – годовая загрузка машины, ч.

При существующей технологии

$$K_{\text{удб}} = \frac{1130000}{1095 \cdot 8,81} + \frac{220000}{400 \cdot 8,81} = 179,5 \text{ руб / га};$$

ВКР.35.03.06.128.18.0П0.00.00.00 ПЗ

Лист

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

При проектируемой технологии

$$K_{удн} = \frac{1130000}{1095 \cdot 9,63} + \frac{160000}{400 \cdot 9,63} = 148,69 \text{ руб / га};$$

Приведенные затраты:

При существующей технологии

$$П_{з.удб} = 105,16 + 0,1 \cdot 179,5 = 123,11 \text{ руб / га};$$

При проектируемой технологии

$$П_{з.удн} = 92,95 + 0,1 \cdot 148,69 = 107,82 \text{ руб / га};$$

Приведенные затраты на весь объем работ:

$$П_{з.б} = 123,11 \cdot 400 = 49244 \text{ руб.};$$

$$П_{з.н} = 107,82 \cdot 400 = 43128 \text{ руб.};$$

Годовой экономический эффект с учетом стоимости дополнительной продукции:

$$Г_{эф} = \left(49244 \cdot \frac{400}{400} - 43128 \right) + 129920 = 136036 \text{ руб}$$

Определяем срок окупаемости дополнительных капитальных вложений на внедрение разработанного орудия, лет.

$$To = \frac{Ko}{Эг}, \tag{3.50}$$

где Ко – сумма капитальных вложений, руб.

$$To = \frac{160000}{134800} = 1,19.$$

Таблица 3.1 – Экономическая эффективность внедрения модернизированного прикатывающего катка

Показатели	Почвообрабатывающий агрегат	
	Базовый	Предлагаемый
1	2	3
Балансовая стоимость, тыс. руб.	220	160
Производительность, га.		
сменная	88,1	96,3
сезонная	400	400

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ВКР.35.03.06.128.18.ОПО.00.00.00 ПЗ

продолжение таблицы 3.1

1	2	3
Снижение затрат труда, %	---	9,1
Удельные эксплуатационные затраты, руб./га.	105,16	84,5
Урожайность ячменя, ц/га.	28	28,56
Годовая экономия, тыс. руб	---	272,6
Удельные приведенные затраты, руб./га	123,11	107,82
Годовой экономический эффект, тыс. руб.	---	136,036
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	---	1,19

3.7 Выводы по разделу

Как показывают расчеты, внедрение разработанного модульного прикатывающего катка позволит снизить затраты труда на 9,1% и повысить урожайность ячменя на 2%. Дополнительные капитальные вложения окупятся приблизительно за 1 год и 2 месяца при условии работы прикатывающего катка на площади не менее 400 га.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.128.18.070.00.00.00 ПЗ

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Анализ используемых технических средств для прикатывания почвы выявил большое количество различных конструкций рабочих органов. Вместе с тем, всем конструкциям присущи определенные недостатки, снижающие качество обработки почвы и повышающие затраты на операции.

2. Разработанная технология возделывания ячменя направлена на получение максимального урожая при приемлемом уровне энергетических затрат и затрат труда. Для каждой технологической операции выбраны оптимальные режимы, агросроки и агрегаты, обеспечивающие качественное проведение операции.

3. Предлагаемая конструкция прикатывающего орудия будет способствовать лучшему копированию рельефа поля, снижению забиваемости рабочих органов почвой и растительными остатками, а также обеспечит формирование семенного ложа в соответствии с агротехническими требованиями при меньших затратах энергии.

Внедрение предлагаемого орудия для прикатывания почвы позволит снизить затраты труда на 9% и повысить урожайность ячменя на 2%. В связи с вышеизложенным, проведенные мероприятия экономически эффективны и могут быть применены на производстве.