

ФГБОУ ВО "Казанский государственный аграрный университет"

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия

Магистерская программа: Технологии и средства механизации сельского хозяйства

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Магистерская диссертация)

**Тема: ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СОШНИКА
ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ ДЛЯ РАЗДЕЛЬНО-
ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫСЕВА СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ**

Студент магистратуры _____ Галимов М.М.

Научный руководитель,
к.т.н., доцент _____ Халиуллин Д.Т.

Рецензент
к.т.н., доцент _____ Матяшин А.В.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите

Протокол № 14 от «17» июня 2019 г.

И.о. заведующего кафедрой машин и оборудования
в агробизнесе _____ Халиуллин Д.Т.

Казань - 2019 г.

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе (магистерской диссертации) Галимова Марселя Маратовича на тему: «Исследование и разработка сошника зерновой сеялки для раздельно-параллельного высева семян и удобрений».

Диссертация состоит из пояснительной записки на 74 страницах машинописного текста. Записка состоит из введения, пяти разделов, выводов и включает 30 рисунков, 2 таблицы и 20 формулы. Список использованной литературы содержит 30 наименований.

В первой главе «СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ» проведен литературно-патентный обзор способов посева зерновых культур и конструкций посевных машин, а также сошников для раздельного посева семян и удобрений. Выполнен анализ работ по исследованию процесса раздельного высева семян и удобрений. Обозначены цель и задачи исследования.

Во второй главе исследована конструктивно-технологическая схема. Обоснованы способа раздельно-параллельного высева семян, а также параметры сошника для раздельного высева семян и удобрений.

В третьей главе разработана программа и методика проведения экспериментальных исследований.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований и их результаты.

В пятой главе проведена технико-экономическая и энергетическая оценка сеялки с раздельным высевом семян.

Записка завершается общими выводами по работе и списком использованных литературных источников.

Abstract

To the final qualifying work (master's thesis) Galimov Marcel Maratovich on the topic: "Research and development of the opener of the grain seeder for separate parallel seeding of seeds and fertilizers."

The thesis consists of an explanatory note on 74 pages of typewritten text. The note consists of introduction, five sections, conclusions and includes 30 figures, 2 tables and 20 formulas. The list of references contains 30 items.

In the first chapter "CONDITION OF THE QUESTION, PURPOSE AND TASKS OF RESEARCH" a literature and patent review of the methods of sowing grain crops and designs of sowing machines, as well as openers for separate sowing of seeds and fertilizers, was conducted. The analysis of works on the study of the process of separate seeding of seeds and fertilizers was performed. Outlined the purpose and objectives of the study.

In the second chapter the constructive-technological scheme is investigated. The method of separately-parallel seeding of seeds, as well as opener parameters for separate seeding of seeds and fertilizers are justified.

The third chapter has developed a program and methodology for conducting experimental research.

The fourth chapter presents the results of experimental studies and their results.

In the fifth chapter, a feasibility study and energy assessment of the seed drill with separate seeding of seeds was carried out.

The note ends with general conclusions on the work and a list of references used.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	8
1.1 Анализ способов посева с одновременным внесением минеральных удобрений	8
1.2 Обзор конструкции сеялок и посевных машин	15
1.3 Обзор конструкций сошников	23
1.4 Основные направления совершенствования средств механизация посева сельскохозяйственных культур	34
1.6 Краткие выводы. Цель задачи исследования	36
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОШНИКА ДЛЯ РАЗДЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫСЕВА СЕМЯН	38
2.1 Анализ теоретических исследований сеялок	38
2.2 Конструктивно-технологическая схема	40
2.3 Обоснование способа раздельно-параллельного высева семян	44
2.4 Обоснование параметров сошника для раздельного высева семян и удобрений	44
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	50
3.1 Программа экспериментальных исследований	50
3.2 Методика определения физико-механических свойств почвы	50
3.3. Методика определения гребнистости поверхности поля в зависимости от конструктивно-технологических параметров сошниковой группы	55
3.4 Методика обработки экспериментальных исследований	58
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ	60
4.1 Результаты определения физико-механических свойств почвы	60
4.2 Результаты определения гребнистости поверхности поля	62
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА	65
5.1 Сравнительная технико-экономическая оценка	65
ВЫВОДЫ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	72
ПРИЛОЖЕНИЕ	75

ВВЕДЕНИЕ

Сельское хозяйство издавна было и в настоящее время является наиболее жизненно-важной и трудоемкой отраслью народного хозяйства страны. Его эффективность всегда определялась научно-техническим процессом, внедрением достижений науки и передового опыта в производство, повышением культуры земледелия, высокой организацией проведения намеченных работ.

В современных сложившихся достаточно сложных условиях трудности в системе АПК связаны с финансово-экономической деятельностью сельскохозяйственных предприятий и, главным образом, со сбытом произведенной продукции растениеводства и животноводства. Особенно это относится к отдаленным от областного центра. Тем не менее, в хозяйствах возделывают зерновые, зернофуражные, зернобобовые культуры и занимаются кормопроизводством для животноводства. Одним из ответственных периодов, связанных с производством продукции растениеводства, является весенний период, когда в короткие сроки приходится выполнить большой объем весенне-полевых работ, направленных на подготовку полей к посеву, и посев семян возделываемых культур. При этом используются различные варианты технологий и их технические обеспечения, в том числе известные машины и агрегаты и их комбинации. Создаются и применяются комбинированные агрегаты собственных вариантов, направленных на сокращение затрат труда и времени на выполнение предпосевной подготовки почвы с одновременным созданием мелкоструктурной, чистой от сорняков и выровненной поверхности поля, а также качественного своевременного посева семян, что является основой для получения высокого урожая. В общем, комплекс работ по возделыванию сельскохозяйственных культур посев занимает одно из ведущих мест. От его качества зависит урожайность возделываемых культур, поэтому немало усилий прилагается для создания современной техники,

способной обеспечить качественный и своевременный посев, гарантирующий отличные результаты не зависимо от природно-климатических условий. В этих направлениях развивались и продолжают развиваться современные посевные машины.

В связи вышеизложенным, исследование влияния конструктивных параметров раздельного высева семян и удобрений, представляется актуальной и важной хозяйственной задачей.

Цель исследований – повышение урожайности с помощью раздельного посева и разноуровневым размещением семян и удобрений.

В соответствии с целью поставлены следующие задачи:

- проанализировать технологии и средства механизации сельскохозяйственных культур и выявить основные направления их совершенствования;
- теоретически обосновать конструктивные и технологические параметры сошника для разноуровневого высева семян и удобрений;
- исследовать экспериментальный процесс образования посевного ложа для семян и удобрений предлагаемой сошниковой группой, определить рациональные конструктивные параметры и режимы работы;
- провести анализ эффективности сошника с раздельным посевом.

Объект исследований. Технологический процесс оптимального хода сошника удобрений при раздельно-параллельном высева семян и удобрений с разноуровневым посевом зерновых культур.

Предмет научного исследования. Параметры технологического процесса оптимального хода сошника удобрений при раздельно-параллельном высева семян и удобрений с разноуровневым посевом зерновых культур.

Теоретическая и практическая значимость работы. Использование сошника для раздельного посева обеспечивает необходимое расположение удобрений относительно семян зерновых культур.

Методология и методы исследований. Результаты экспериментов обрабатывались методом математической статистики и пакета программ по статистическому анализу и обработке данных на STATISTICA.

Положения, выносимые на защиту:

- проанализировать технологии и средства механизации посева сельскохозяйственных культур и выявить основные направления их совершенствования;
- обосновать конструктивные и технологические параметры сошника для разноуровневого высева семян и удобрений;
- исследовать процесс работы сошниковой группы, получить модель ее функционирования и определить оптимальные конструктивные параметры и режимы работы;
- провести анализ эффективности зерновой сеялки с сошниками для разноуровневого высева семян и удобрений.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, списка использованных источников и приложений. Общий объем страниц 74, рисунков 30, таблиц 2 . Список использованных источников включает 32 наименований.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Анализ способов посева с одновременным внесением минеральных удобрений

Посев – относится к самым важным и ответственным агротехническим приемам. Качественный и своевременный посев – основное условие получения хорошего урожая всех сельскохозяйственных культур. Посев в кратчайшее время позволяет, обеспечить благоприятными условиями как по теплу, влаге и свету для прорастания семян и их роста, формирования урожая.

Для обеспечения наилучшего развития и роста растений, необходимо подготовить почву, согласно агротехническим требованиям для почвенно-климатических условий данного района воздальвания. Среди агротехнических требований к посеву, можно выделить четыре основных: равномерное распределение семян, соблюдение нормы высева, необходимая глубина заделки и время посева семян, при соблюдении которых достигается наилучшая урожайность.

В зависимости от ширины междурядий и способе размещения семян в различают гнездовой, перекрестный, рядовой, ленточный, пунктирный, спиральный, безрядковый и рядовой.

Способы посева можно разделить на две основные группы: разбросной и рядовой посев (Рисунок 1.1). Разбросной посев начался еще на начальном этапе земледелия. Выбор технологии посева, как правило, зависит не только от качеств семян, но и культуры почвенно-климатических условий.

Основной целью посевной деятельности является обеспечение благоприятных условий для прорастания семян и продолжения быстрого роста растений, а также получение их оптимальной плотности и равномерного прорастания при размещении на площади.

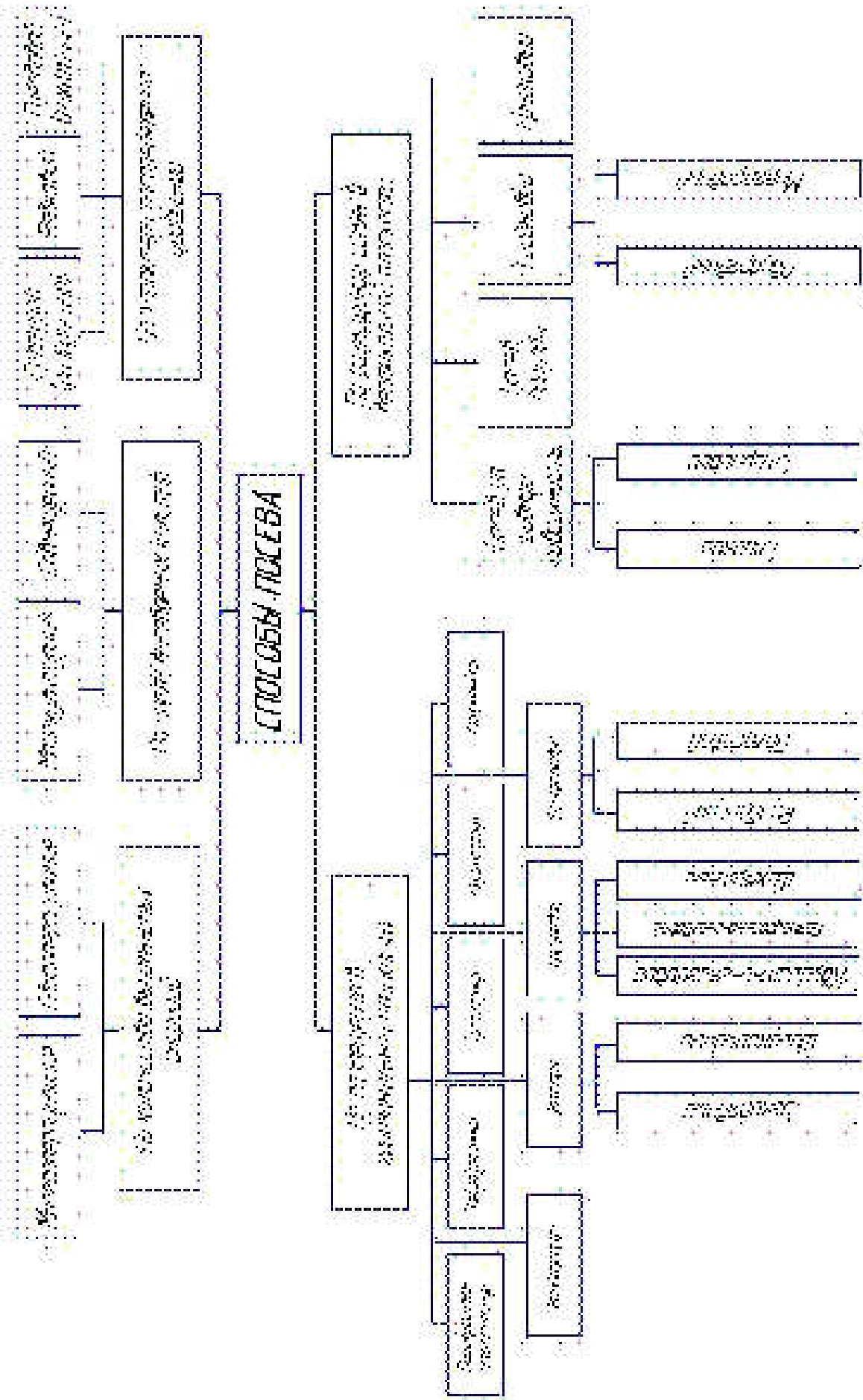


Рисунок 1.1 – Классификация способов посева

Способ посева сельскохозяйственных культур зависит от нормы посева и порядка расположения растений на единицу площади.

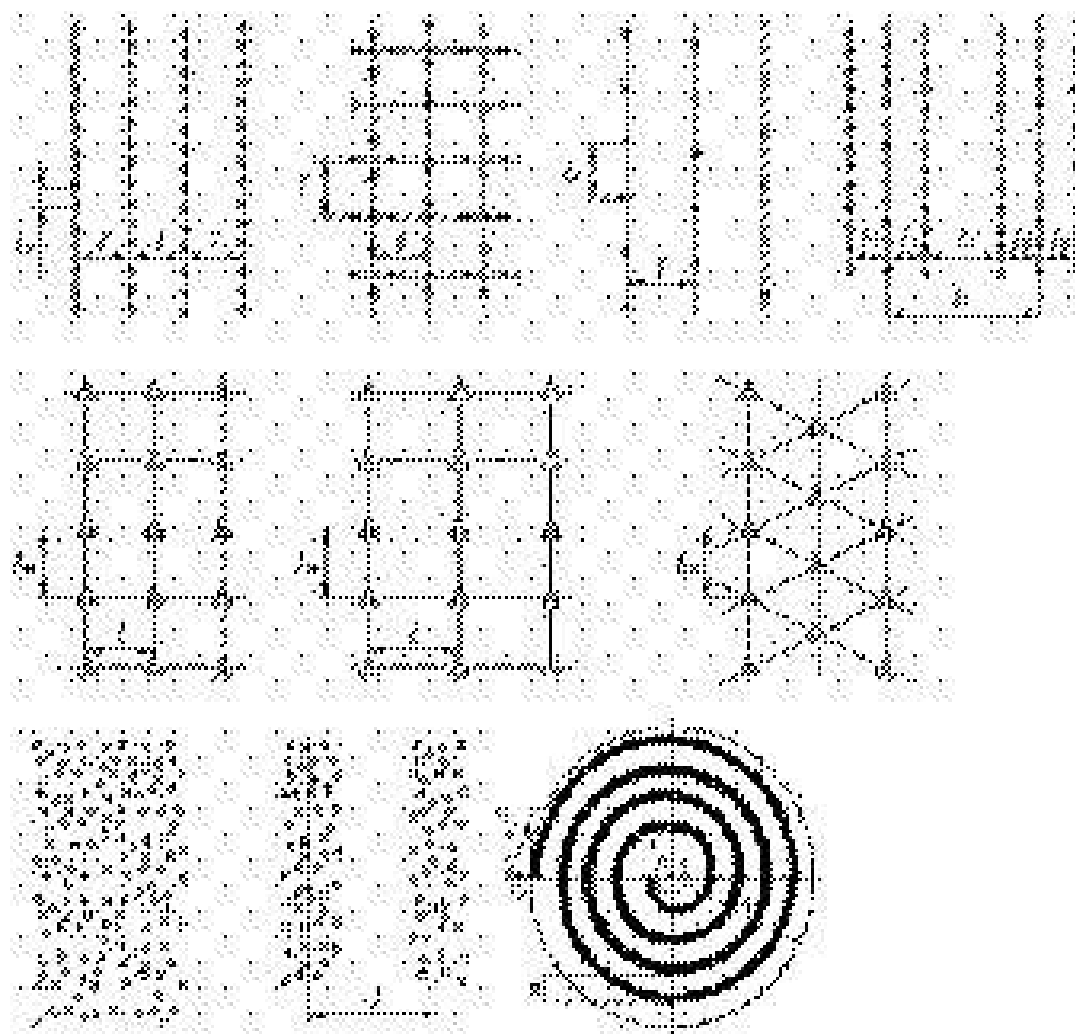
Разбросной посев на сегодняшний день мало применяется, так как в данном способе распределение семян по глубине и поверхности поля происходит неравномерно. Суть этого метода состоит в разбрасывании посевного материала по поверхности поля с дальнейшей заделкой в почву, с помощью борон или каким-либо другим оборудованием.

Безрядковый посев заключается в равномерном высеве семян широкой лентой (100...110 мм). Данный способ находится на стадии экспериментирования и на сегодняшний день не получил широкого применения.

Рядовой посев – наиболее применяемый способ посева для различных культур: технических, зерновых, овощных и др (рисунок 1.2а). При рядовом посеве необходимо равномерно распределить семена в рядах и выдержать ширину междурядий. Междурядный интервал является основной характеристикой данного метода, устанавливаемого для различных агрономических требований к урожаю[7].

Оптимальная ширина междурядий для зерновых культур находится в пределах 8...12 см, расстояние между семенами в рядке - 2,5...4 см. Стандартной шириной междурядий является $l = 15; 23$ см [19]. В зарубежной практике посев проводят с шириной междурядий l : в США, Канаде - 15...25 см, а в странах Западной Европы $l = 12...15$ см. В связи с этим зарубежные посевные машины, не используют на посевах в нашей стране.

Расстояние между семенами в рядке l_k характеризуют рядовые способы посева и зависит от нормы высева возделываемой культуры: для зерновых – $l_k = 1,5...2$ см, для сои – $l_k = 7...10$ см.



a – рядовой; *б* – перекрыстный; *в* – пунтирный; *г* – ленточный; *д* – квадратно-гнездовой; *е* – прямоугольно-гнездовой; *ж* – шахматный; *з* – разбросной; *и* – полосовой; *к* – спиральный

Рисунок 1.2 – Схемы способов посева

При ширине междурядий в 15 см и равномерном распределении семян в рядке площадь питания растений представляет собой прямоугольник, длина стороны которого в 10...15 раз больше ширины, что зачастую приводит к угнетению части растений из-за сильного загущения [10]. Исследования показали, что при равномерном распределении семян зерновых культур по площади поля прибавки урожайности не происходит, так как точный высев семян с не высокой всхожестью приводит к изреженности всходов и снижению урожайности. Рядовой способ посева с шириной междурядий 0,15 м, возможен только нечистых от сорняков полях и на легких пойменных почвах с обязательным применением гербицидов. Традиционно

используются сеялки СЗ-3,6, а в засушливых районах – зернотубовая пресс-сеялка СЗП-3,6. На наклонных участках желательно проводить сев по склонам. Уменьшает подачу воды и уменьшает эрозию почвы. На обычных полях располагают ряды с севера на юг.

Узкорядный посев предусматривает применение в полях малого размера и сложной конфигурации, обеспечивает более равномерное распределение семян по площади при одном проходе сеялки. При этом достигается хорошая освещённость растений в рядах, что увеличивает фотосинтез и прибавляет устойчивости растениям к полеганию.

Ленточный посев применяется для овощных семян. Несколько строк, называемых линиями, объединяются в группы – ленты. В зависимости от количества рядов в ленточной полосе посевной состоит из двух - и многострочных. Ширина полос, а также расстояние между ними выбираются таким образом, в зависимости, от возделываемой культуры, во время обработки междурядий рабочие органы культиваторов не повреждали растения. Расчетной характеристикой ленточной схемы посева является расстояние L между серединами лент. Его выбирают таким, чтобы растения не повреждались при междурядной обработке. Обычно h изменяется от 7,5 см до 15 см, а $L = 45 \dots 70$ см (рисунок 1.2г). Следовательно, данный способ посева применять при возделывании пропашных культур не рационально, так как не будет обеспечена оптимальная площадь питания растений [7].

Гнездовой способ посева характеризуется двумя величинами: шириной междурядий и расстоянием между гнездами. Для некоторых сельскохозяйственных культур применяют квадратно-гнездовую схему посева. При расположении растений на вершинах квадратов имеется возможность осуществлять механизированный уход за посевами в двух перпендикулярных направлениях, что является главным преимуществом этого способа.

Его разновидностями являются квадратно-гнездовой (рисунок 1.2, а), прямоугольно-гнездовой (рисунок 1.2, б) и шахматный (рисунок 1.2, в)

посевы. Достоинствами такого способа посева является размещение гнезд по вершинам квадратов или прямоугольников дает возможность проводить механизированную междурядную обработку посевов в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Также стоит отметить, что при шахматном посеве междурядную обработку можно проводить в трех направлениях – в продольном и двух перекрестно-диагональных. Однако это увеличивает затраты на возделывание культур вследствие чего он не нашел широкого применения.

Пунктирный способ посева применяется при возделывании пропашных культур: сахарной свеклы, кукурузы, подсолнечника и т. д. (рисунк 12, в). Расстояния между растениями в рядах варьируются в разных условиях для различных культур в диапазоне от 3...8 см до 20...25 см. Основной целью данного метода является точное высевание одинарных растений на примерно равных расстояниях друг от друга, для возможности проведения механизированного прореживания и исключения трудоемких операций прорывки растений, выполняющиеся вручную при других методах посева.

При пунктирном способе посева ширина междурядий l характеризуется природно климатическими условиями, агропотребованиями к посеву возделываемой культуры и конструктивными особенностями применяемых посевных машин.

Широкорядный способ так же используется при возделывании пропашных культур. Для обеспечения механизированной обработки междурядий посадка или высева осуществляется с междурядьями 45...90 см. В рядах семена распределяются как при пунктирном способе.

Посев в борозды. Данный способ применяется в засушливых и полузасушливых районах, где для создания благоприятных условий, улучшения увлажнения растений, семена располагают в канавках. Одним из разновидностей этого способа посева бороздово-ленточный посев, разработанный в НГАУ профессором А.А. Коневым.

Подпочвенно-разбросной. При таком способе посева размещение семян по площади происходит сошником, который проходит под пластом земли. В большинстве используются трубчатые сошники, со стрелчатыми лапами, в которых имеются разделительные устройства, с помощью которых высеваящий материал располагается по ширине борозды. Он характеризуется беспорядочным размещением семян по всему периметру поля. Тем не менее, является наиболее перспективным для применения при посеве сеялками - культиваторами.

Совмещенный способ. Обеспечивает одновременный посев двух культур в разных рядах, закладывая их на разной глубине (посев семян зерна и травы, кукурузы и фасоли). Он увеличивает производительность поля, исключает лишний проход агрегата по полю, уменьшает сроки посева.

Комбинированный. Содержит одновременный посев семян и гранулированных удобрений. В зависимости от почвенно-климатических условий семена высевают на гладкую поверхность.

Наиболее используемый посев на плоской поверхности. При большой влажности земли семена закапывают к вершинам гребней. В местах, отведенных для орошения, семена высевают на плоской поверхности с одновременной нарезки поливных борозд. В сухой зоне семена пахотных культур высевают в борозды, чтобы заделать их в сырую почву. На почвах, склонных ветровой эрозии рекомендуется производить посев по стерне, что оберегает молодую рассаду от ветра и почвы от выдувания.

Рассмотренные нами способы посева имеют как преимущества, так и недостатки. Недостатки разбросных способов состоят в следующем: после сева приходится выполнять самостоятельную работу по заделке семян в почву, семена по поверхности поля распределяются неравномерно и заделываются на неодинаковую глубину, при разбросном посеве применяются более высокие нормы посева, всходы появляются недружно, созревание растений происходит неравномерно.

Недостатками рядовых способов является тесное расположение семян в рядках, а между рядками имеется лишнее пространство. Это создает благоприятные условия для развития сорняков, ухудшает условия развития культурных растений, а следовательно, снижает урожай и его качество. При перекрестных способах – двойной проход сеяльного агрегата по полю требует больше затрат, при этом затягивается срок сева.

Одним из перспективных приемов возделывания зерновых культур считается использование комбинированных способов посева, уменьшающих количество и глубину обработок почвы и совмещающих несколько технологических операций в один процесс.

1.2 Обзор конструкции сеялок и посевных машин

Посевные машины можно классифицировать по следующим признакам: по назначению, по высеваемой культуре, по способу агрегатирования, по типу высевающего аппарата и по способу посева (рисунок 1.3).

Для посева семян зерновых культур в сельском хозяйстве используются сеялки и посевные машины. Анализируя литературные источники и рынок выпускаемой техники можно утверждать, что в настоящее время тенденция развития новой техники сводится к снижению энергетических, трудовых и топливо-смазочных затрат. За счет одновременной предпосевной обработки почвы и посева уменьшается количество операций, проходов агрегата, уплотнение почвы и повышается урожайность зерновых культур.

Способы посева можно разделить на две основные группы: разбросной и рядовой посев. Способ посева сельскохозяйственных культур зависит от нормы посева и порядка расположения растений на единицу площади [8].

Одним из перспективных приемов возделывания зерновых культур считается использование совмещенных и комбинированных способов посева, уменьшающих количество и глубину обработок почвы и совмещающих несколько технологических операций в один процесс [11].

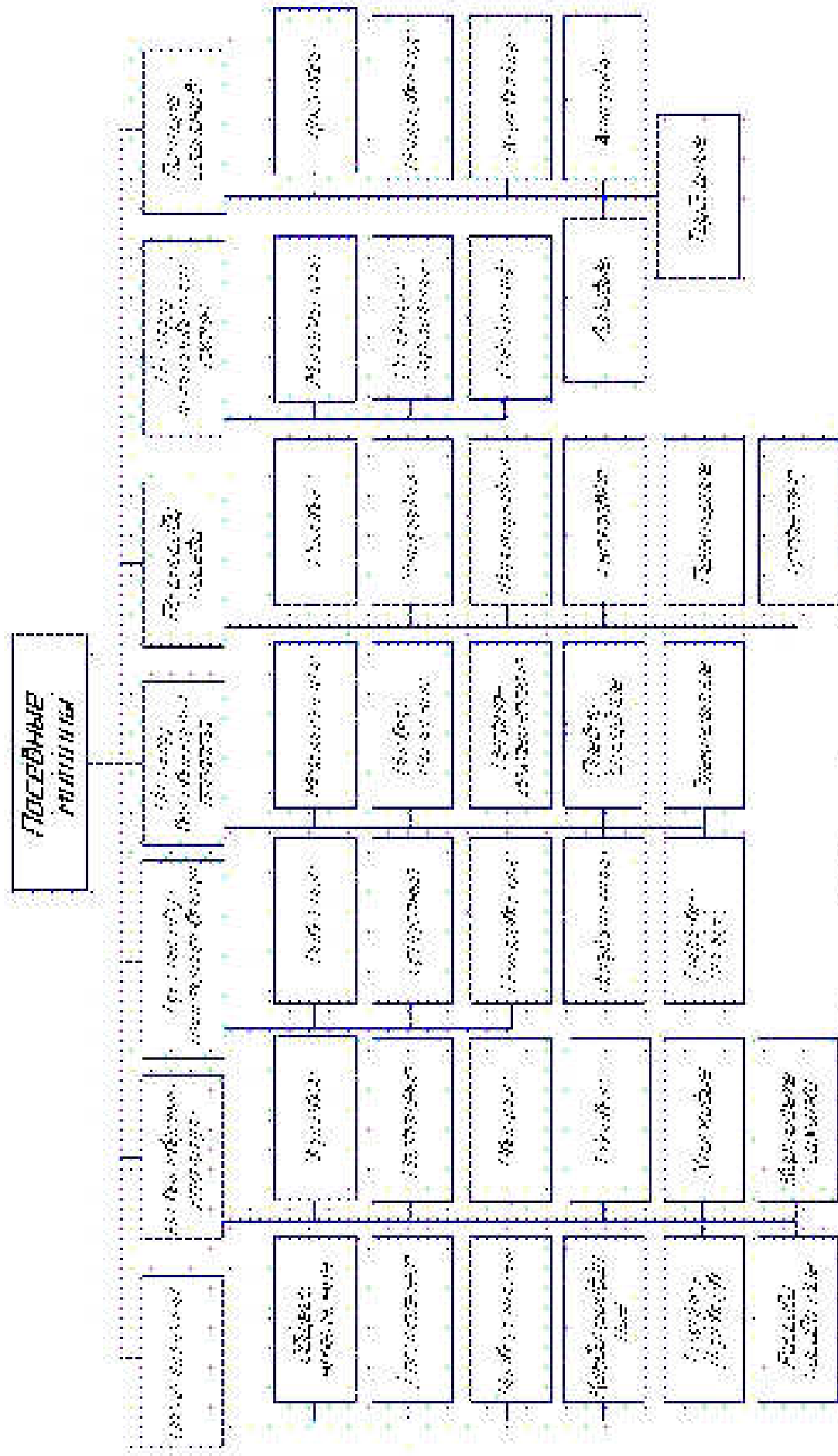


Рисунок 1.3- Классификация посевных машин

На сегодняшний день существует много различных комбинированных сеялок, которые отличаются многими факторами. В целях выявления преимуществ и недостатков известных конструкций, проведем патентные исследования комбинированных посевных машин.

Зернотуковая сеялка с посевной секцией, состоящая из стойки 1 с плоскорежущей стрелчатой лапой 6, дисковых ножей 5 и 10, туковсемяпроводов 8 и 12, катка 17 (рисунок 1.4).

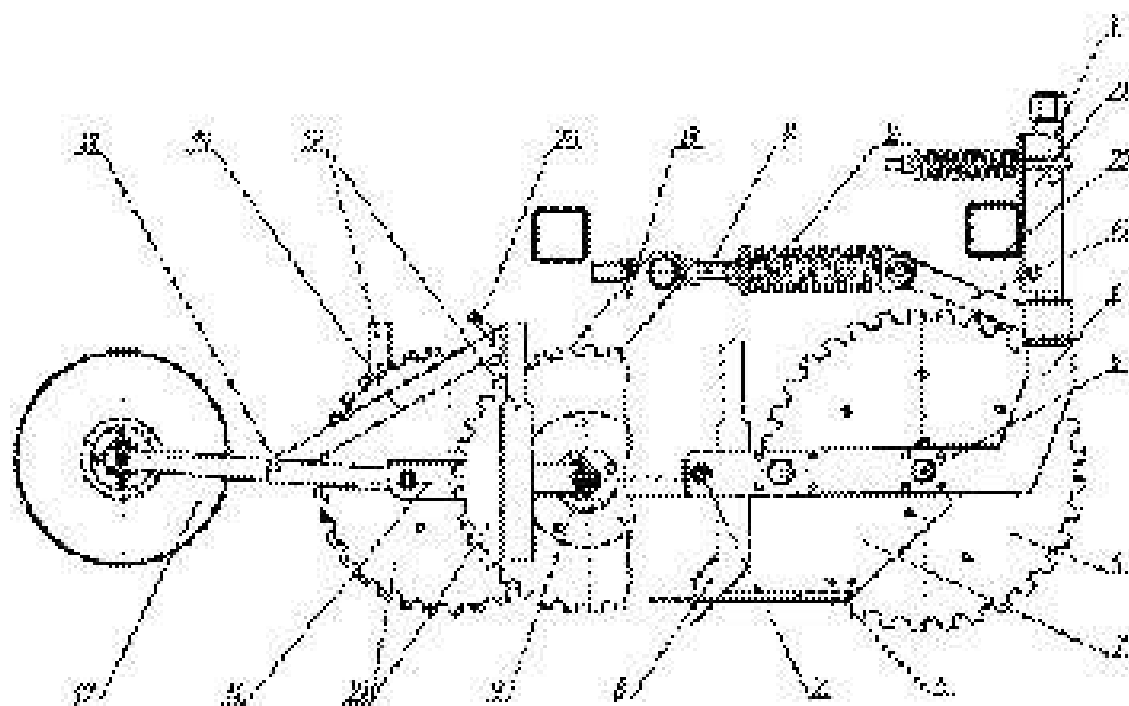


Рисунок 1.4 – Посевная секция зернотуковой сеялки по патенту РФ № 2400959

Секция снабжена Г-образной стойкой 1, имеющей в средней части шарнир 2. К передней и задней частям Г-образной стойки жестко закреплены кронштейны 11 13 15 19, шарнирно соединенные между собой регулируемой по длине тягой. Тяга оснащена пружиной 16. Верхний конец передней части Г-образной стойки оснащен втулкой 3, а к нижней части стойки жестко закреплена передняя ось 4. На оси установлен центральный дисковый нож 5. К задней части Г-образной стойки по обе стороны со смещением относительно друг друга жестко прикреплены оси 9, на которые

установлены дисковые ножи 10. Каток 17 шарнирно прикреплен к концу Г-образной стойки. Один туюпровод смонтирован за центральным дисковым ножом 8, а другие – за установленными на осях дисковыми ножами 12 [18].

Недостатком этого устройства является наличие большого количества узлов и деталей в конструкции посевной секции, что создаёт сложности при её настройке и снижает надежность и ремонтпригодность устройства.

Устройство, предназначенное для посева зерновых культур с одновременным локальным внесением минеральных удобрений (рисунок 1.5). Устройство включает раму 1, к которой с возможностью поворота вокруг вертикальной оси закреплен дисковый нож 2, за которым к раме сеялки жестко закреплен комбинированный сошник 3 и 4, а вслед за сошником установлен выравниватель-уплотнитель 5 и 6 [22].

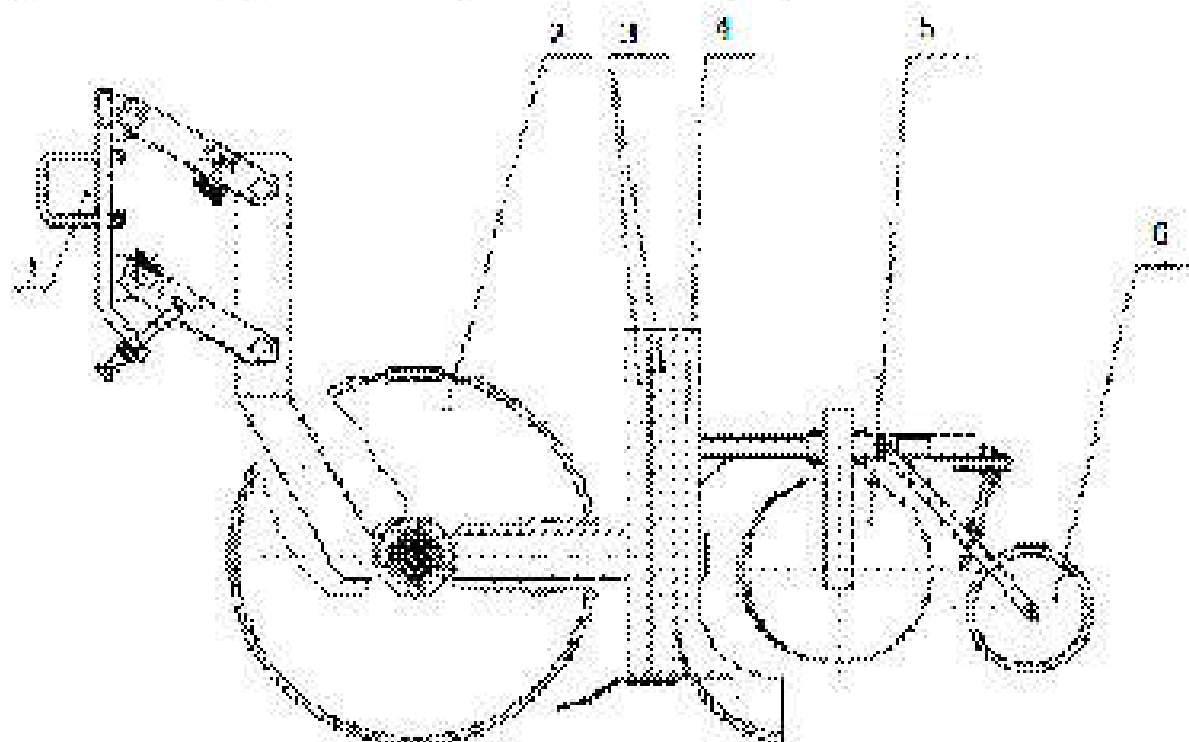


Рисунок 1.5 – Посевная секция зерновой сеялки по патенту РФ №2415539

Недостатком данного устройства можно отнести следующее: высокую материалоемкость, сложность в изготовлении, большие габаритные размеры, не решается вопрос предотвращения забивания почвой туюпровода при случайном перемещении комбинированного сошника назад.

Сейлка относится к комбинированным, выполняющим за один проход несколько операций, например обработку почвы и посев семян.

Комбинированная сейлка, содержащая последовательно закрепленные на раме бороздообразующие катки 1 с коническими ребрами, заделывающий высевной материал каток 2, бункеры для высеваемого материала 3 и 4, высевающие аппараты 5 и 6 и семяпроводы 7 и 8 для внесения высеваемого материала в бороздки (рисунок 1.6) [21].

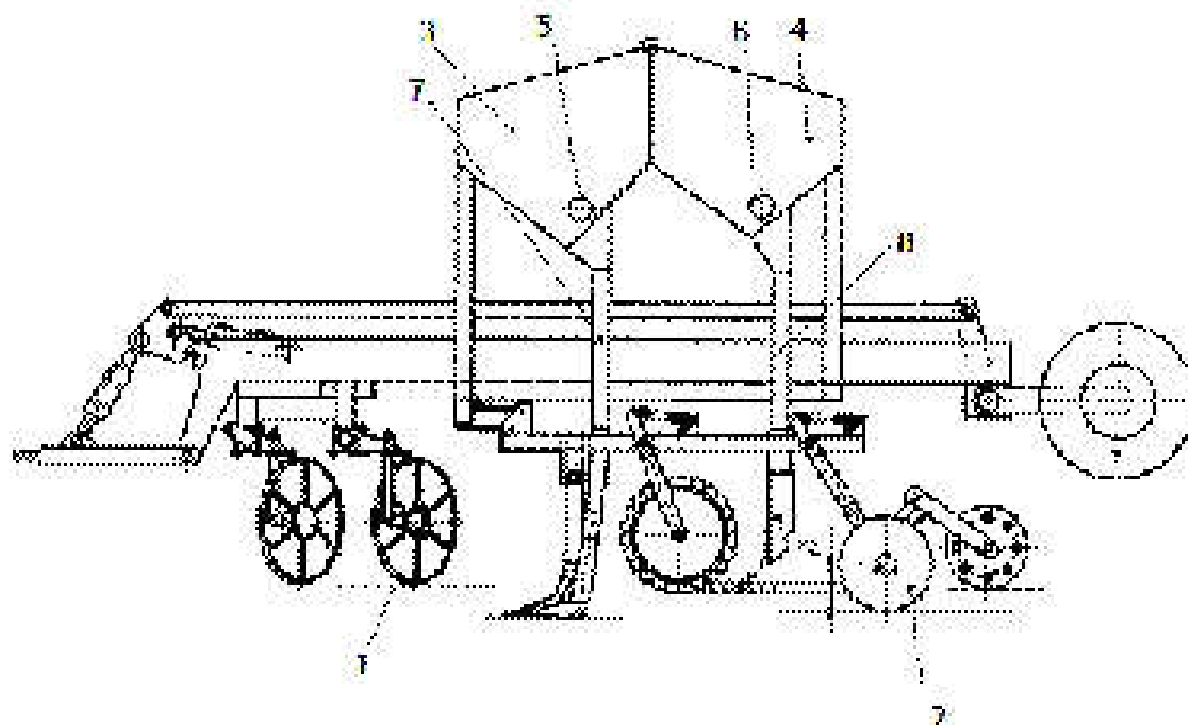
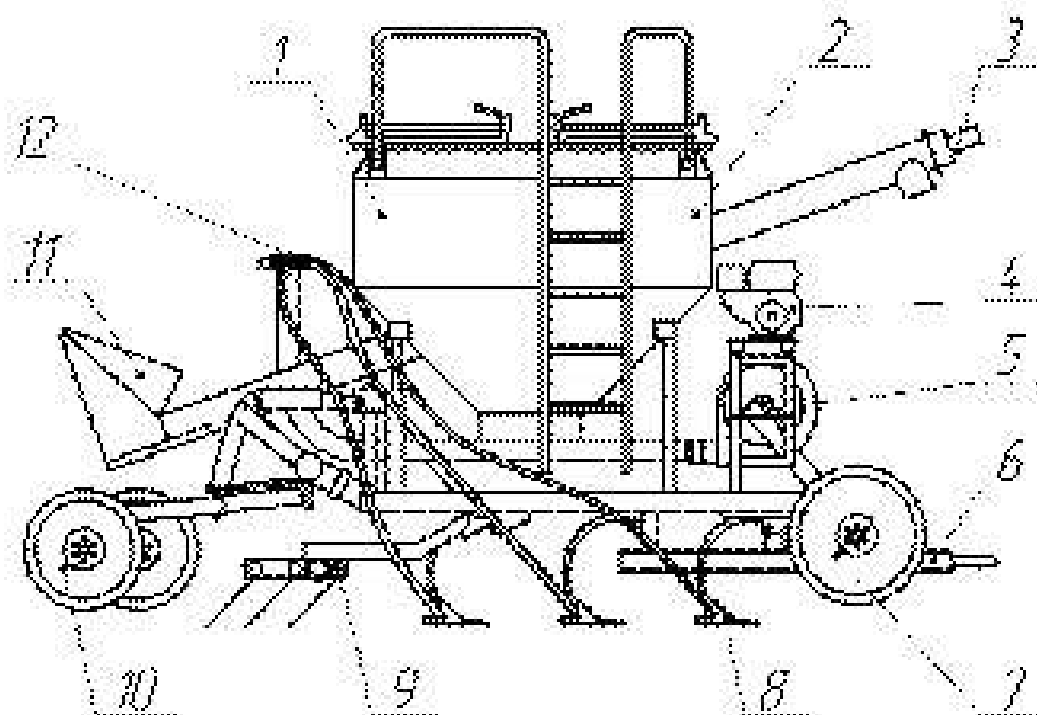


Рисунок. 1.6 – Комбинированная сейлка по патенту РФ № 2565256

Недостатками этой сейлки является то, что семена неравномерно распределяются по дну борозды, отскакивая от боковины борозды, меняя свое положение. Не обеспечивается одинаковая глубина заделки семян, так как одну борозду прикатывает каток с клинообразными сегментами, затем две борозды прикатывают катками без клинообразных сегментов. По бороздкам, образованным прикатывающими катками без клинообразных сегментов, происходит стекание влаги, снижающее потенциальные возможности почвы эффективно аккумулировать имеющуюся в ней влагу.

В связи с выявленными недостатками, а также для снижения экологических рисков, повышения всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур необходимо разработать такую конструкцию сошниковой группы, позволяющую ориентировано размещать удобрения относительно корневой системы культурных растений. Также для повышения устойчивой работы и снижения энергоемкости необходимо провести исследования по оптимизации геометрических параметров сошников с учетом конкретных требований к посеву.

Посевные комплексы AGROMASTER 4800 (и 5400) (рисунок 1.7) от производственной компании «Агромастер» предназначены для предпосевной обработки почвы и полосового посева зерновых и мелкосеменных культур с одновременным внесением гранулированных удобрений и прикатыванием полосы посева по стерневым фонам и зяби.



1 - бункер удобрений; 2 - бункер семян; 3 - гидромотор привода шнека; 4 - редуктор; 5 - вентилятор; 6 - дышло; 7 - переднее колесо; 8 - сошник; 9 - борона; 10 - опорно-прикатывающие колеса; 11 - шнек; 12 - распределитель посевного материала

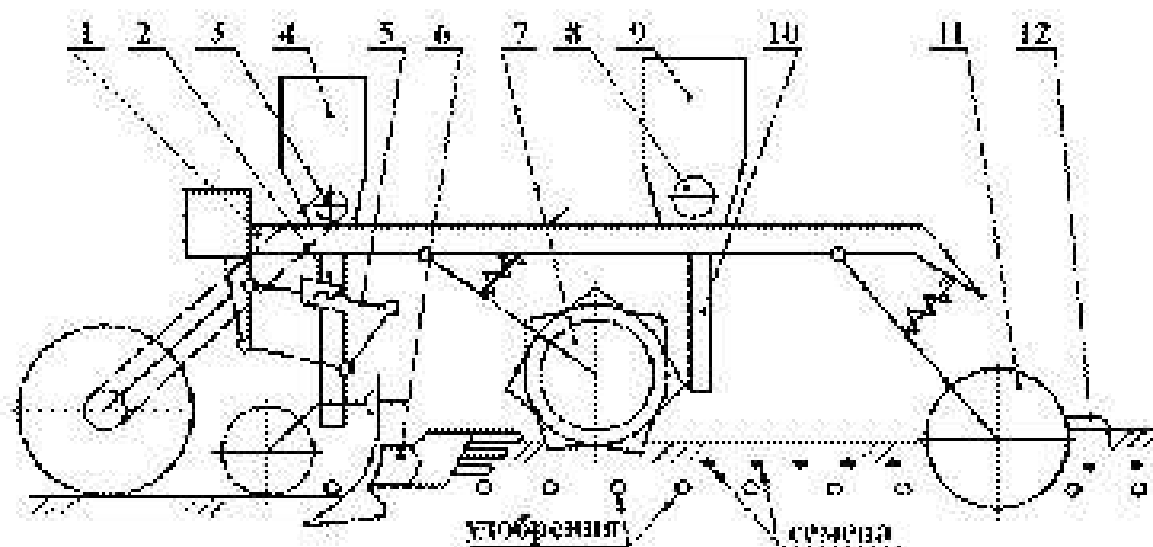
Рисунок 1.7 – Посевной комплекс AGROMASTER 4800

Агрегат состоит из культиваторной части с плоскорежущими лапами шириной 330 мм, бункером для семян и удобрения, высевающего аппарата, семяпроводов, редуктора, вентилятора, трехрядной бороны и загрузочного шнека. При посеве, семена и удобрения из бункера через катушку высевающего аппарата поступают в пневмопровод, где подхватываются воздушным потоком от вентилятора и направляются в распределитель, который разделяет посевной материал по отдельным сошникам.

Рабочая ширина захвата агрегата 4,8 м, ширина полосы посева 12-15 см, агрегатируется с тракторами тягового класса 2 (МТЗ-1221).

Недостатком агрегата является неполная ширина рассева семян в подпаловом пространстве, что приводит к появлению незасеянных полос между сошниками.

В.А. Пресняковым, А.Ф. Кисловым и А.Н. Кочешковым [24] разработана селялка-культиватор для осуществления гребневой технологии посева (рисунок 1.8).



1 – рама; 2 – туюпровод; 3, 8 – высевающие аппараты; 4 – туювый бункер; 5 – параллелограммный механизм; 6 – скучник-гребнеобразователь; 7 – ложкообразующий каток; 9 – семенной бункер; 10 – семяпровод; 11 – сферический диск; 12 – заортан

Рисунок 1.8– Гребневая селялка-культиватор

Данное устройство обладает следующими недостатками:

- после прохода сеялки-культиватора гребень почвы не уплотняется, что приводит к его постепенному разрушению, и, как следствие, уменьшению глубины заделки семян, повышенному испарению влаги из гребня почвы;
- не равномерное распределение семян по глубине заделки;
- для культур с различной нормой высева необходимо использовать каток-ложеобразователь с соответствующим числом выступов;
- конструкцией сеялки не предусмотрено внесение удобрений одновременно с посевом.

Пневматическая сеялка «AIRSEEDER» и культиватор - CULTIBAR

Одновальный сев

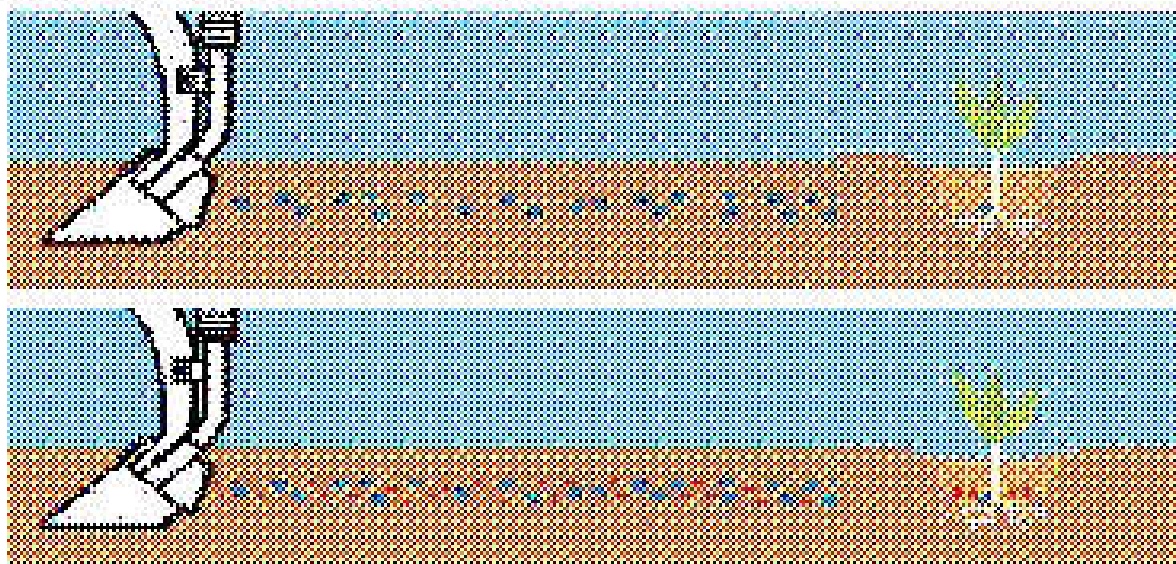
- Через один отвод стойки сошника возможен сев семян
- Или внесение удобрений
- Или сев с удобрениями вместе на одну глубину

Двойной высе

- Через двойной отвод сошника возможен раздельный сев семян и внесение удобрений, с укладкой их под семенами

Смешивание

- Двойной сев с подмешиванием к семенам стартовой дозы удобрений.
- Смешивание удобрений с семенами возможно в различной пропорции, простым перемещением заслонки



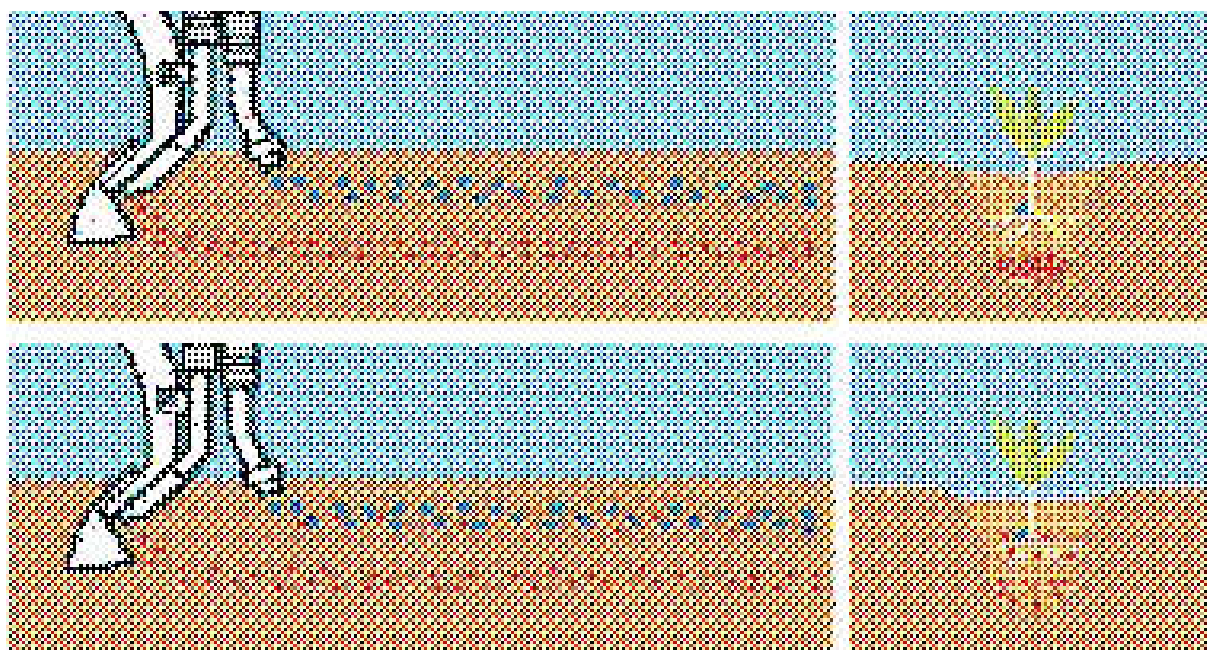


Рисунок 1.9– Виды посева и внесения удобрений

1.3 Анализ конструкции сошников

Одним из основных рабочих органов посевной машины является сошник, непосредственно участвующий в процессе распределения семенного материала в почве.

Применяемые в настоящее время на селках сошники можно классифицировать: по принципу действия и по технологическому принципу (рисунок 1.10).

По принципу действия сошники можно разделить на две группы поступательного движения (нарательниковые) и вращательного движения (дисковые).

По технологическому принципу сошники разделяют на три группы сошники с тупым, прямым и острым углом входа в почву.

Технология образования бороздки этими сошниками различна. Сошник с острым углом вхождения в почву образует бороздку, перемещая почву снизу вверх, вследствие чего дно борозды получается рыхлым и влажный слой почвы выносится на поверхность. Сошник с тупым углом, наоборот, образуя бороздку, вдавливают почву сверху вниз, поэтому дно бороздки оказывается уплотненным.

Стоит отметить, что после прохода такого сошника нередки случаи осыпания борозды, при которых семена присыпаются сухой почвой, что ухудшает условия их прорастания. Сошник с прямым углом вхождения образует бороздку, раздвигая почву в стороны.

Острый угол вхождения в почву имеют анкерные и лаповые сошники, прямой - трубчатые сошники и тупой угол вхождения в почву - килевидные, полозовидные и все дисковые сошники [9].

У килевидных сошников (рисунок 1.11) щеки раструба исключают осыпание стенок бороздок, а направлятель подает поток семян к носку наральника. При работе сошник, прорезая борозду, вдавливает почвенные агрегаты в дно борозды и отбрасывает почву в стороны. В результате образуется уплотненное дно борозды U-образной формы, способствующее притоку влаги и более быстрому прорастанию семян. Именно поэтому килевидные сошники предпочтительно применять в зонах недостаточного увлажнения. Основным недостатком сошников килевидного типа заключается в необходимости тщательной подготовки почвы перед посевом для обеспечения равномерности хода рабочих органов. Особенно актуален этот вопрос при использовании ресурсосберегающих технологий возделывания.

Полозовидные сошники (рисунок 1.11) используют на посеве семян кукурузы, свеклы, сои, овощных и других культур. Полозовидными сошниками снабжают гнездовые и квадратно-гнездовые сеялки. Так как полозовидные сошники высевают семена с большим коэффициентом трения и малой упругостью, то их щеки выполняют удлиненными. Удерживая стенки борозды от осыпания, удлиненные щеки способствуют укладке всех

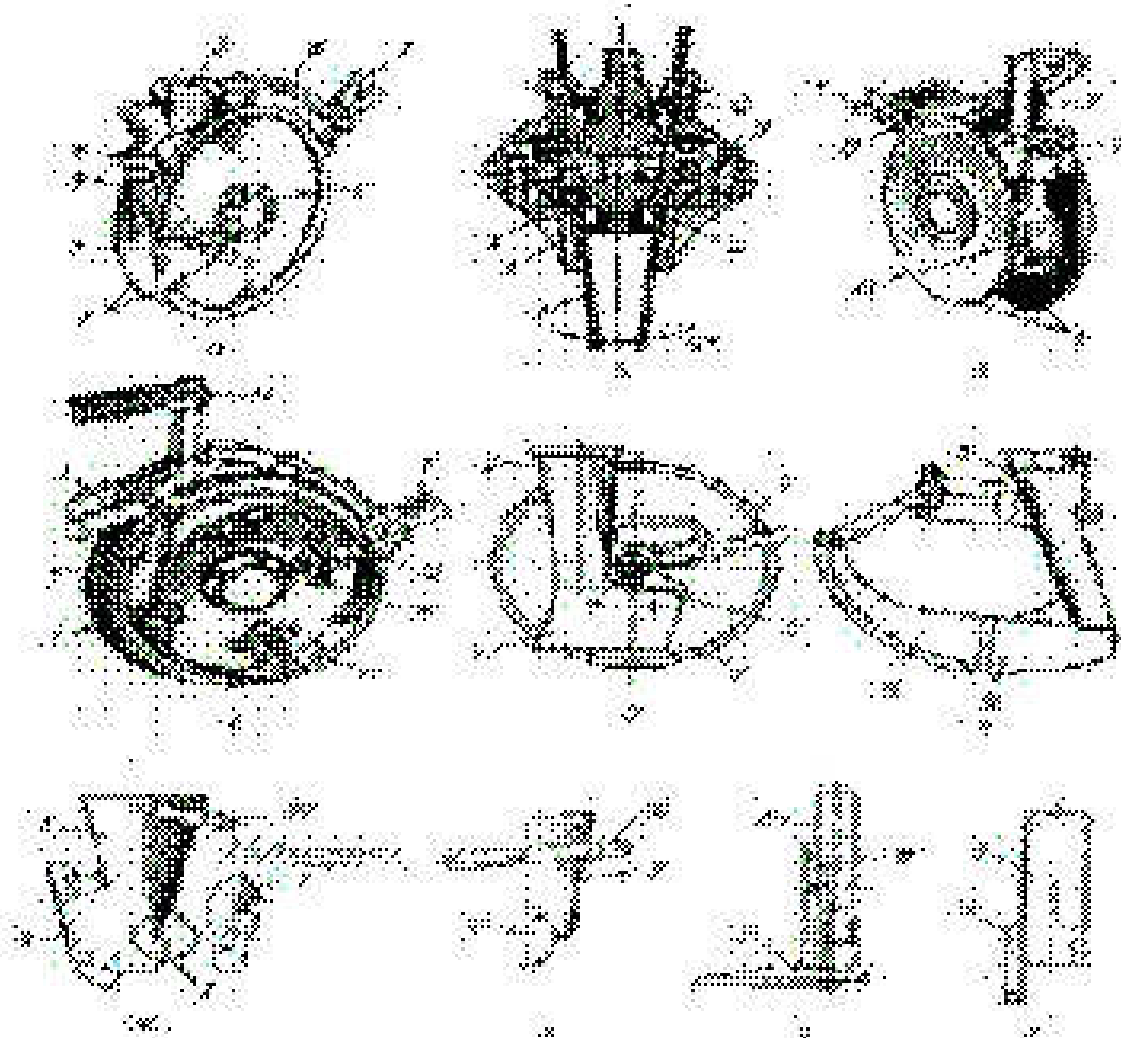
семян на чистое дно борозды. Однако нередки случаи, когда семена присыпаются сухой почвой, что замедляет их прорастание [9].

Однодисковый сошник (рисунок 1.11) работает по принципу дисковой бороны и при работе вращается в почве под углом 3...70 градусов к направлению движения. Это позволяет во время движения отодвигать пожнивные остатки и верхний слой почвы немного в сторону. Диски могут быть плоскими или сферическими, гладкими или зубчатыми. Преимущества всех однодисковых сошников заключаются в свободном их проникновении сквозь растительные остатки, отсутствии уплотнения почвы, как у основания, так и по бокам посевной бороздки, а также отбрасывании меньшего количества почвы. Однако следует обратить внимание на то, что однодисковые сошники работают несимметрично, они постоянно испытывают одностороннее давление. Со временем это может привести к изнашиванию навески, и сближению рядов друг к другу [9].

Двудисковые сошники (рисунок 1.11) представляют собой два плоских диска, установленных под углом 3...70 градусов к направлению движения и образующие V-образное посевное ложе. При перемещении сошника диски перекапываются, разрезают и клином раздвигают почву в стороны, образуя бороздку. Диски сошников могут быть одинакового или различного диаметра, со смещением одного из дисков или без него. Положительный момент в работе любого двудискового сошника заключается в посеве семян без блокирования растительными остатками, при этом сама конструкция сошника сравнительно простая и легкая в обслуживании. К основным недостаткам можно отнести зависимость от состояния почвы, тенденция затягивания растительных остатков на дно борозды, что мешает качественному контакту семян с сухой почвой, а также невозможность раздельного внесения удобрений и семян.

Трубчатый сошник (рисунок 1.11) применяют для высева зерновых культур по предварительно обработанной стерне в зонах, подверженных ветровой эрозии.

Он представляет собой трубу-семяпровод, в нижней части которого закреплен закрученный наральник. Однако, как утверждают многие исследователи, равномерность глубины хода трубчатого сошника ниже, чем у дисковых.



А и б — двухдисковый рядовой; в — двухдисковый укрепленный; г — двухдисковый с ограничительными ребрами; д — однодисковый; е — полозковый; ж — клямковый; з — анкерный; и — лаповый; к — трубчатый; 1 — диск; 2 — направлятель семян; 3 — прижим; 4 — чистик; 5 — раструб (труба); 6 — гребень; 7 — поводок; 8 — ступица; 9 — подшипник; 10 — уплотнитель; 11 — болт; 12 — корпус; 13 — делительная воронка; 14 — штанга; 15 — утолщник; 16 — скоба; 17 — реборда; 18 — цапа; 19 — наральник; 20 — колпук; 21 — стрелчатая лапа.

Рисунок 1.11 - Сошники сеялок

Анкерные сошники (рисунок 1.11) используют при посеве в твердую почву по следам трактора и на стерневых полях. Анкерный тип сошника эффективно работает на полях, обрабатываемых в соответствии с

традиционной и ресурсосберегающей технологий, что обеспечивается высокой стойкой сошника и большим расстоянием между сошниками. Однако применить данный тип сошника к раздельному внесению удобрений и семян не представляется возможным из конструктивных соображений.

Лаповые сошники (рисунок 1.11) подразделяют по типу распределяющего устройства, бороздообразователя, формирователя потока семян, копирующего устройства дна борозды, прикапывающего и заделывающих устройств. По типу распределяющего устройства такие сошники бывают с пассивными и активными распределителями семян.

Применение лаповых сошников на посевных машинах дает возможность осуществления раздельного внесения удобрений и семян, что 39 позволяет производить посев по традиционной, минимальной и нулевой технологиям, улучшить равномерность обеспечения растений питанием и влагой, сократить сроки посевной кампании и затраты труда. Эффективность такого посева заключается в повышении урожайности сельскохозяйственных культур на 10...20 % за счет улучшения условий развития растений и увеличения противозрозийной устойчивости растений, экономии эксплуатационных материалов и времени [6].

Также известен комбинированный сошник для разноуровневого посева семян и внесения удобрений, (рисунок 1.12) который состоит из стойки 1 и держателя 2.

На лобовой поверхности стойки 1 закреплено плото 3, выполненное в форме клина, угол раствора которого не превышает максимальный угол трения почвы о сталь (около 30 градусов), которое предназначено для формирования борозды. Внутри держателя 2 стойки 1 расположен семяпровод 4. За стойкой 1 с правой и левой стороны расположены расширители 5 с установленными внутри тупопроводами 6 для внесения минеральных удобрений. Угол раствора расширителя 5 равен углу раствора плота 3 и является его продолжением.

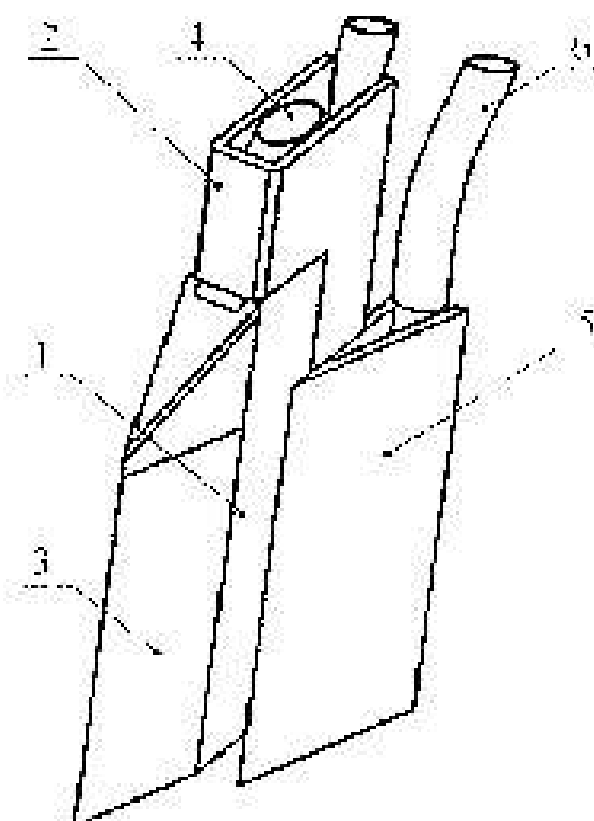


Рисунок 1.12 - Комбинированный сошник для разноуровневого посева семян и внесения удобрений

При заглублении сошника долото прорезает в почве бороздку для внесения семян через семяпровод на заданную глубину. Идущий следом расширитель прорезает две бороздки для внесения удобрений через туюпроводы, основания которых расположены симметрично, слева, справа и ниже относительно полосы посева семян. Долото и расширитель являются сменными элементами, геометрические параметры которых можно варьировать в зависимости от типа почв.

Долотообразный сошник и расширители обеспечивают возможность внесения минеральных удобрений одновременно с посевом по необработанному фону.

Удобрения вносят ниже глубины заделки семян на 4 см с двух сторон и на 2...3 см в сторону от них.

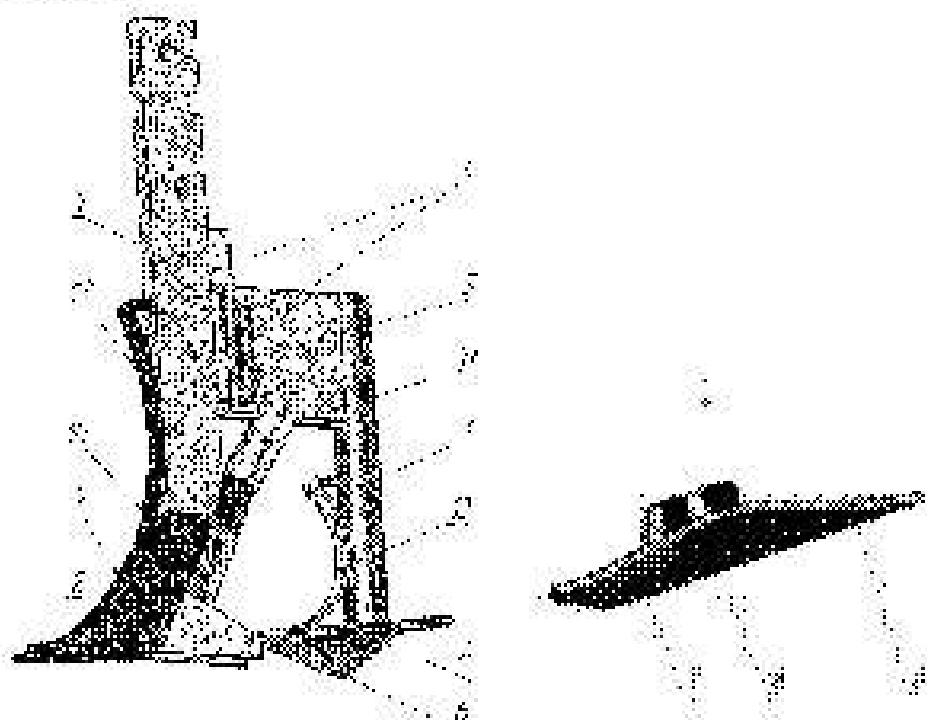
Достоинства конструкции:

- посев по необработанному почвенному фону при совмещении операций высева и внесения удобрений;
- съемные элементы комбинированного сошника при необходимости могут не использоваться.

Недостатки конструкции:

- невозможность высева семян и удобрений в одной вертикальной плоскости;
- значительное увеличение тягового усилия при оборудовании сошника расширителем.

Учеными научно-техническое учреждения "Инженерно-технический центр" открытого акционерного общества "Ижевский моторавтомобильный завод "Аксион-холдинг" разработан рабочий орган сепаратора зернуковой стерневой (рисунок 1.13).



1 - стойка; 2 - выкатчик; 3 - трубчатая стойка; 4 - регулировочные пластины; 5 - крепежи; 6 - стреловидная лапа; 7 - пластина; 8 - распределитель семян; 9 - режущая поверхность; 10 - труба; 11 - поворотное колено; 12 и 13 - вогнутые направляющие

Рисунок 1.13 - Рабочий орган сепаратора по патенту РФ № 2108014

Этот рабочий орган позволяет раздельно вносить удобрения и семена, причем удобрения вносят на глубину, большую, чем глубина заделки семян.

Преимуществом рассматриваемого устройства является возможность применения в сеялках без предварительной обработки почвы в случае, когда помимо стернового слоя почва покрыта слоем измельченной соломы, оставшейся на стерне после предыдущей уборки урожая, а также на почвах, имеющих значительную засоренность. В предложенном рабочем органе происходит самоочистка поверхностей от растительных остатков, что предотвращает сгущивание почвы, приводящее к полной остановке сеялки. Кроме того, устройство позволяет заделывать удобрения в нижний, более влажный слой почвы, что способствует повышению эффективности их использования и, в конечном итоге, повышению урожайности высеваемых культур. Однако к недостаткам следует отнести большое тяговое сопротивление и значительную металлоемкость.

Выполненный анализ выявил ряд недостатков известных конструкций сошников:

- они имеют сложную конструкцию;
- выполняют ограниченное число технологических операций;
- не универсальны;
- не позволяют провести разноуровневый высеv семян и удобрений;
- обладают большим тяговым сопротивлением.

Это увеличивает затраты труда и энергии при посеве, снижает урожайность высеваемых культур. Поэтому дальнейшее совершенствование сошников должно предусматривать устранение указанных выше недостатков.

Комбинированный однодисковый сошник (рисунок 1.14), содержит установленный под углом к направлению движения плоский диск, с внутренней стороны которого установлен неподвижный формирователь бороздки. При этом диск с внутренней стороны закреплен на кронштейне под углом к направлению движения, а с наружной стороны имеет реборду, представляющую собой сменный элемент в виде половины эллипсоида вращения.

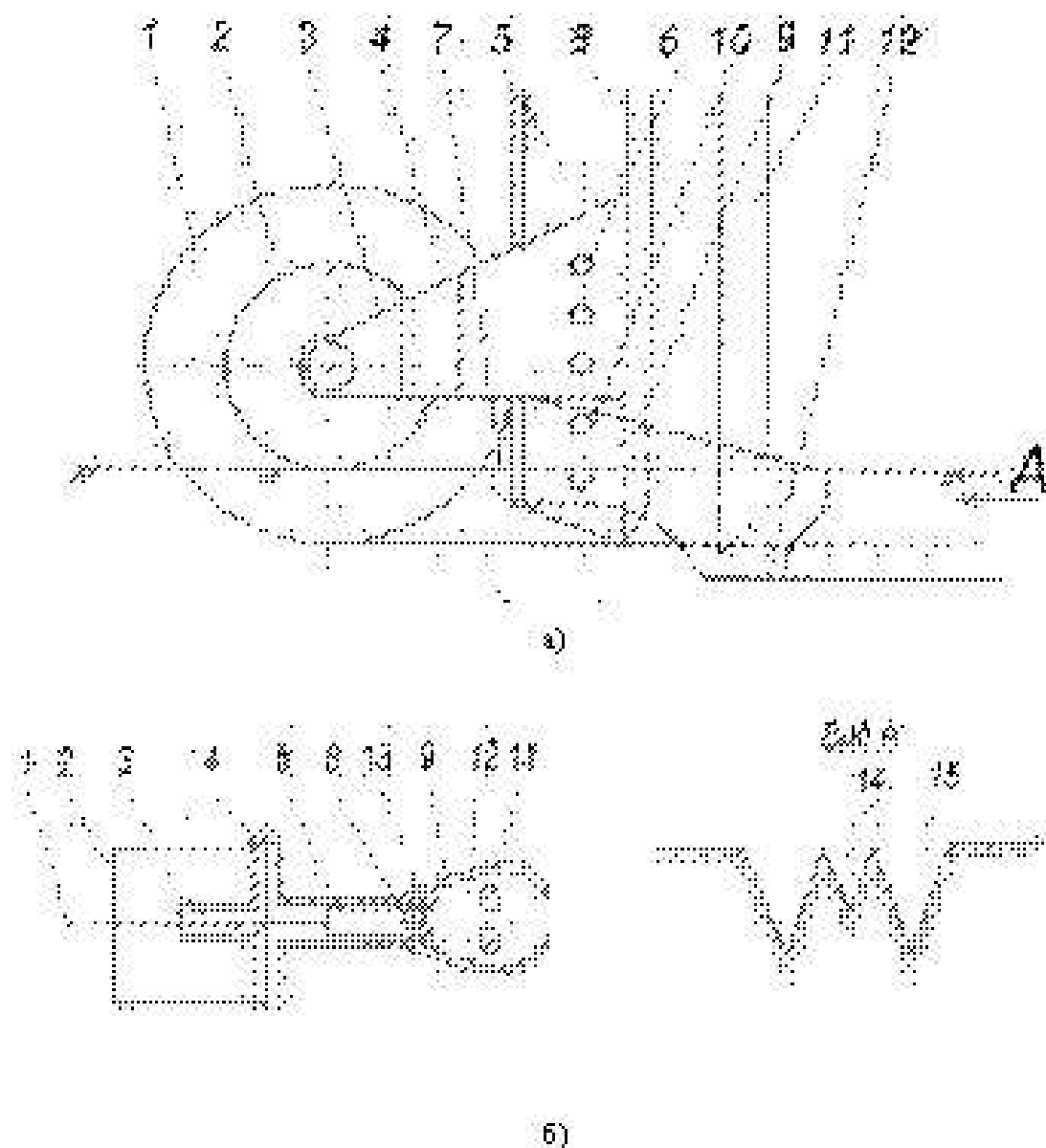


Рисунок 1.14 - Сошник для внесения в почву семян и удобрений: вид сбоку

а - вид сбоку, б – вид сверху, в – вид после прохода сошника.

А за кронштейном крепления диска размещены разделенные загортачами семяпровод и тукопровод, причем семяпровод установлен ниже тукопровода на величину прослойки земли между семенами и удобрениями, при этом загортачи закреплены на поводке опорно-прокатывающего колеса с возможностью изменения хода по глубине семенного ложа, а боковые щеки неподвижного формирователя бороздки установлены под углом к

горизонтальной плоскости, при этом его величина равна уступу естественного откоса уплотненной влажной почвы.

Сошник для внесения в почву семян и удобрений включает вертикальный дисковый нож 1, к боковым стенкам которого закреплены реборды 2, ограничивающие заглубление сошника в почву. Дисковый нож 1 установлен на кронштейнах 3, обеспечивающих совпадение направления силы тяги с направлением движения сошника. Кронштейны 3 в зоне торцов реборд 2 имеют изгибы 4. Кронштейны 3 закреплены к стойке 5 с помощью болтов 6.

Передняя часть стойки имеет заострение, переходящее в нижней части на параболическое закругление 7, сопряженное с клинообразной пяткой. К задней части стойки закреплен семяпровод 8, имеющий в нижней части заострение.

К боковым стенкам стойки 5 в ее нижней части закреплены щеки-бороздообразователи 9 с помощью болтов 10 с потайной головкой. Между щеками-бороздообразователями 9 размещены тупоководы 11.

Нижняя часть щек-бороздообразователей имеет выступы 12 для образования клинообразной бороздки. За семяпроводом 8 предусмотрены загортачи 13.

Клинообразная пятка стойки 5 предназначена для образования бороздки 14 для семян, а выступы - для образования бороздок 15 для удобрений.

Рассмотрев известные конструкции сошников и проанализировав их недостатки, отметим, что лаповые сошники по сравнению с другими сошниками обладают лучшим качеством заделки семян, позволяют высевать семена и удобрения в одной вертикальной плоскости на разных уровнях, однако обладают большим тяговым сопротивлением. Следовательно задача создания сошника, обеспечивающего при высева семян и внесении удобрений в одной вертикальной плоскости на разных уровнях с низким тяговым сопротивлением является актуальной и важной задачей.

1.4 Основные направления совершенствования средств механизации посева сельскохозяйственных культур

Наиболее существенной особенностью использования средств механизации в сельском хозяйстве является дефицит материально-энергетических ресурсов.

Этот фактор, требующий нестопного реагирования агроинженерной науки, а также складывающиеся объективные условия (нарушение традиционных экономических связей, невозможность производить собственными силами всю требуемую номенклатуру технических средств) вызывает необходимость поиска приоритетных направлений разработок, освоения ресурсосберегающих технологий, создания для агропромышленного комплекса новых конкурентоспособных машин с высокими техническими характеристиками.

Большая роль в экономии ресурсов должна отводиться сокращению номенклатуры технических средств на основе рациональной специализации хозяйств. Необходимо совершенствовать типоразмерные ряды отдельных средств механизации и структуру машинно-тракторного парка в целом путем повышения доли комбинированных и универсальных машин, в том числе с использованием модульного принципа их создания, а также модернизации существующего парка техники и оснащения машин новыми рабочими органами.

Решающим условием низко затратного производства продукции в растениеводстве является использование комбинированных почвообрабатывающих агрегатов высокой адаптивности, обеспечивающих наиболее благоприятные условия развития семян и растений при шадящих воздействиях. Последнее достигается минимальной обработкой почв, совмещением операций и сокращением числа проходов, при условии применения достаточного для конкретных условий набора рабочих органов. Переход от интенсивной многооперационной обработки почвы к

малозатратной соответствует мировым тенденциям развития растениеводства.

Следующим фактором, обеспечивающим существенное снижение эксплуатационных затрат на производство сельскохозяйственной продукции, является разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий и средств механизации.

Важной особенностью технического прогресса должно быть обеспечение исчерпывающей адаптивности технологий и техники, реализующей эти технологии. Выражением адаптивности к местным особенностям (к культурам и сортам, рациональным севооборотам, почвенно-климатическим условиям, формам собственности и хозяйствования товаропроизводителей) стало в определенной степени развитие зональных технологий и систем машин, регионального машиностроения, сочетание базовой техники с агрегатно-элементной комплектацией и принципа блочно-модульного ее построения.

Разработка новых рабочих органов, технических средств и оборудования должна осуществляться по согласованным между специалистами различного профиля исходным требованиям.

Необходимость технического перевооружения сельского хозяйства для специалистов инженерной службы и агроинженерной науки очевидна, но возможность приобретения новой техники зависит, в первую очередь, от экономического состояния хозяйств.

Также стоит отметить, что сошники современных сеялок обладают большим тяговым сопротивлением, не обеспечивают требуемое качество посева, а вносимые ими удобрения используются неэффективно, поэтому задача разработки сошника для высева семян и удобрений в одной вертикальной плоскости обладающего меньшим тяговым сопротивлением и обеспечивающим высокое качество посева является важной и актуальной.

1.3 Вывод. Цели и задачи исследования

Проблеме получения высоких урожаев высеваемых культур, повышения урожайности, а также повышения эффективности процесса посева семян и удобрений с соблюдением агротехнических требований посвятили свои исследования многие ученые СССР и РФ, одни из них: Н.Ф. Ермаков, С.С. Литвинов, В.С. Голубович, А.В. Поляков, В.П. Лисюгин, Н.И. Манихин, С.И. Паршин, П.И. Попов, А.Ф. Кислов, В.А. Пресняков, А.Н. Кочешков, А.И. Егорченко, А.М. Салдаев и др.

Выполненные ими исследования внесли существенный вклад в совершенствовании технологии и технических средств для посева пропашных культур. Однако нерешенным остается вопрос большого тягового сопротивления сошников, высева удобрений ниже горизонта семян с выполнением агротехнических требований.

Изучение и анализ состояния вопроса показывают, что существующие конструкции сошников не обеспечивают требуемого качества посева, они не обладают достаточной универсальностью, не позволяют выполнять несколько операций за один проход агрегата.

В связи с вышесказанным можно утверждать, что совершенствование средств механизации посева, в частности, сошников селянок, является важной и актуальной задачей. Поэтому возникает необходимость дальнейших исследований по улучшению технологий и разработке новых технических решений для посева удобрений ниже горизонта семян.

По результатам вышеприведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее широкое применение нашли зерновые селянки СЗ-3,6 в связи с простотой в использовании, а рабочем процессе и в дешевизне обслуживания.
2. Существенным недостатком данных селянок является то, что семена и туки высеваются в один и тот же рядок, что приводит к нежелательному контакту удобрений и семян, которые от этого теряют всхожесть; кроме

того, в случае засушливой весны и лета удобрения плохо растворяются, и к корням растений недостаточно поступает питательные элементы вследствие не ориентированного размещения удобрений относительно корневой системы, что, в конечном счете, снижает урожай.

3. Для повышения устойчивой работы и снижения энергоемкости необходимо провести исследования по оптимизации геометрических параметров сошников с учетом конкретных требований к посеву.

4. Для снижения экологических рисков, повышения всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур необходимо разработать такую конструкцию сошниковой группы, позволяющую ориентировано размещать удобрения относительно корневой системы культурных растений.

Поэтому разработка сошниковой группы для раздельно-параллельного высева семян и удобрений, представляется актуальной и важной хозяйственной задачей.

В связи с вышеизложенным, целью работы является достижение раздельного высева, с разноуровневым расположением семян и удобрений.

В соответствии с проведенным анализом и сформулированной целью работы были поставлены следующие основные задачи исследования

- проанализировать технологии и средства механизации посева сельскохозяйственных культур и выявить основные направления их совершенствования;
- теоретически обосновать конструктивные и технологические параметры сошника для разноуровневого высева семян и удобрений;
- исследовать процесс посева предлагаемой сеялки, получить модель ее функционирования и определить оптимальные конструктивные параметры и режимы работы;
- провести анализ эффективности сошника с раздельным посевом.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОШНИКА ДЛЯ РАЗДЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫСЕВА СЕМЯН

2.1 Анализ теоретических исследований сеялок

Рассмотрели работы ученых Татарова Григория Львовича и Демчука Евгения Владимировича. Татаров Г.Л. разработал гребневую сеялку с обоснованием параметров сошника для разноуровневого высева семян и удобрений и вывел следующие теоретические зависимости.

Теоретическая зависимость позволяет выбрать оптимальную форму поперечного сечения стойки сошника, а также угол заточки стойки сошника α , который находится в пределах 30...50 град.

$$S_d = \int_0^{\alpha} (z_1 - z_2) dx \quad (2.1)$$

где z_1, z_2 - координаты точек, расположенных на верхних и нижних гранях деформатора;

Зависимость позволяет определить тяговое сопротивление сошника с учетом глубины его хода, угла заточки, угла наклона и толщины стойки, скорости движения и ширины захвата стрелчатой лапы, а также физико-механических свойств почвы.

$$P = K_{\alpha} C_{\text{уп}} h \left[\left(1 + 0,1 \frac{v}{g} \right) \left[1 - \frac{(\cos^2 \beta - \sin^2 \beta)}{100} \right] + \frac{v^2}{g} \right] + K_{\beta} v h + 800 C_{\text{уп}} S_d \quad (2.2)$$

где K_{α} - коэффициент, учитывающий влияние угла заострения стойки;

$C_{\text{уп}}$ - сцепление почвы, Н/м;

h - глубина хода сошника, м;

δc - толщина стойки сошника, м;

β - угол резания, град.;

v - скорость движения сошника в почве, м/с;

g - ускорение свободного падения, м/с².

Зависимость позволяет определить скорость движения зерна в семяпроводе с учетом сопротивления воздушного потока.

$$v_z = \frac{g}{K_a} (\cos \gamma - f_r \sin \gamma) \cdot v_{z0} \cdot e^{-K_a t \sin \gamma \left(\sin \gamma + \frac{f_r}{\sin \gamma} (\cos \gamma - f_r \sin \gamma) \right) + \gamma_{z0}} \quad (2.3)$$

где K_a - аэродинамический коэффициент, c^{-1} ;

v_{z0} - скорость зерна в момент времени $t = 0$;

γ - угол наклона семяпровода, град;

f_r - коэффициент трения зерна о стенку семяпровода.

Получена зависимость для определения угла наклона высевальной трубки, которая позволяет определить ее оптимальные конструктивные параметры, обеспечивающий качественный и равномерный высев семян.

$$v_{\Sigma} = \sqrt{\frac{g(\sin \gamma - f_r \cos \gamma)}{K_n}} \cdot v_{z0}^2 \cdot \sin \gamma \cdot \sqrt{\frac{g(\sin \gamma - f_r \cos \gamma)}{K_n}} \quad (2.4)$$

где v_{Σ} - скорость движения семян по семяпроводу под действием гравитационных сил;

ν - результирующая скоростей v_{z0} и v_{Σ} ;

ε - угол между векторами v_{z0} и v_{Σ}

K_n - коэффициент парусности семян, для сои $K_n = 0,06 \dots 0,24 m^{-1}$

Демчук Е.В. исследовал равномерность распределения семян зерновых культур комбинированным сошником. В результате теоретических изысканий была получена система для определения скорости движения и координат зерновки:

$$\begin{aligned} v_x^{i+1} &= \left[1 - \frac{\Delta t \cdot k \cdot R^i}{m \cdot |v^i|} \right] \cdot v_x^i + \frac{\Delta t}{m} \cdot R^i \cdot \frac{\partial F^i}{\partial x} \\ v_y^{i+1} &= \left[1 - \frac{\Delta t \cdot k \cdot R^i}{m \cdot |v^i|} \right] \cdot v_y^i + \frac{\Delta t}{m} \cdot R^i \cdot \frac{\partial F^i}{\partial y} \\ v_z^{i+1} &= \left[1 - \frac{\Delta t \cdot k \cdot R^i}{m \cdot |v^i|} \right] \cdot v_z^i + \frac{\Delta t}{m} \cdot R^i \cdot \frac{\partial F^i}{\partial z} \\ Q_x^{i+1} &= Q_x^i + \Delta t \cdot v_x^i \\ Q_y^{i+1} &= Q_y^i + \Delta t \cdot v_y^i \\ Q_z^{i+1} &= Q_z^i + \Delta t \cdot v_z^i \end{aligned} \quad (2.5)$$

где k — коэффициент трения;

R_0 — величина, характеризующая силу реакции поверхности,

направленную вдоль нормали, N ;

$\frac{\partial F'}{\partial x}, \frac{\partial F'}{\partial y}, \frac{\partial F'}{\partial z}$, — компоненты вектора нормали к поверхности в точке (x', y', z') , м;

Δt — промежуток времени перемещения зерновки, с;

Q_i — положение зерновки до перемещения, м;

Q_{i+1} — положение зерновки в пространстве в процессе перемещения, м.

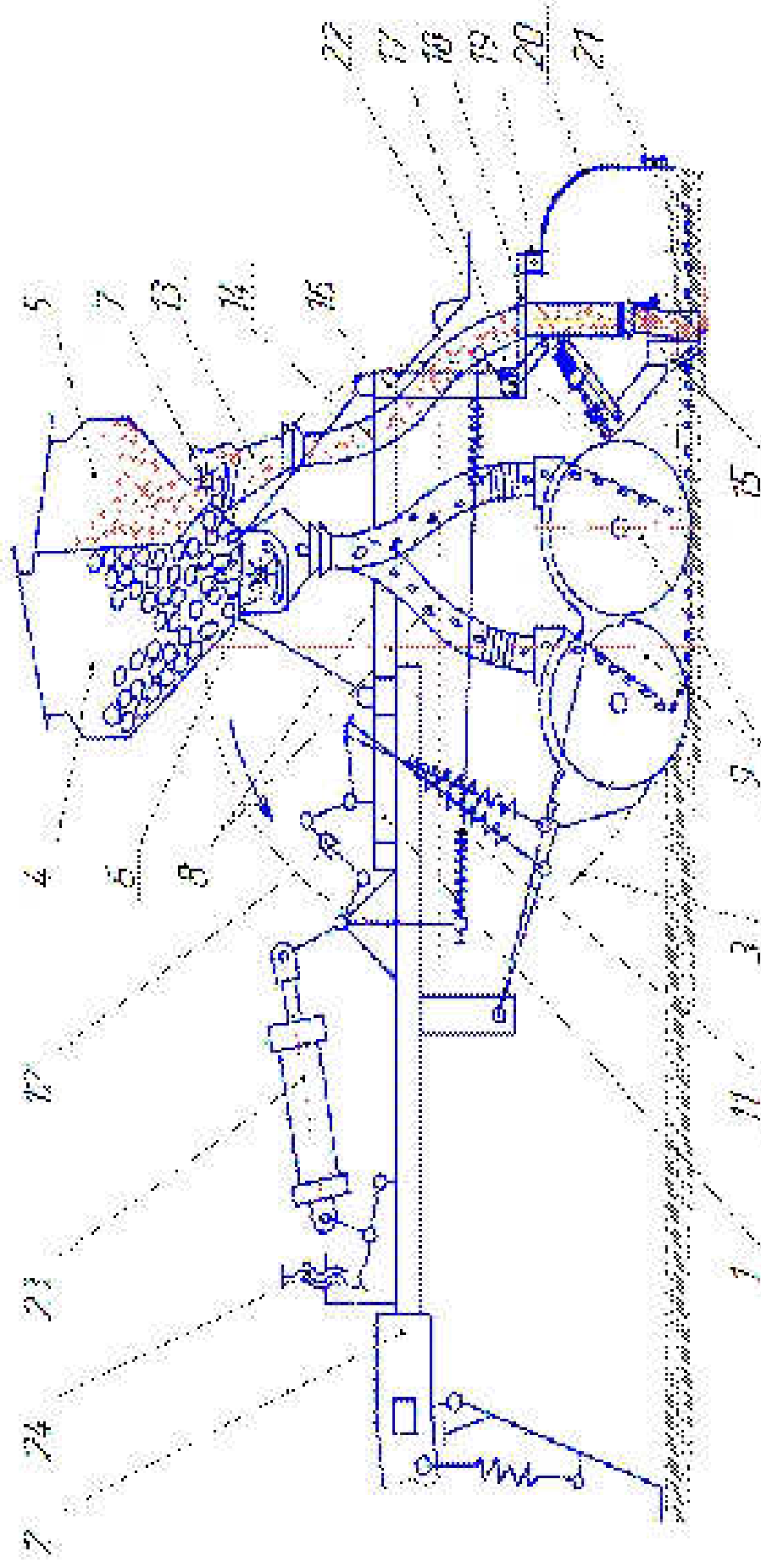
Рассмотрев работы данных ученых пришли к выводу, что необходимо обратить внимание на уменьшение гребнистости поверхности поля, которая влияет на энергоёмкость посевных агрегатов.

2.2 Конструктивно-технологическая схема

Анализ технологического процесса по посеву, что одним из важнейших факторов по повышению урожайности зерновых культур является внесение удобрений, ориентировано размещая удобрения к корневой системе культурных растений. Для повышения всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур нами предлагается сеялка с раздельным высевом семян и удобрений на базе СЗ-3,6, которая может применяться на АПК.

Зернотуковая сеялка (рисунок. 2.1 и 2.2) содержит раму 1 с прицепным устройством 2, опорно-приводные колеса 3, зернотуковые бункеры 4 и 5 с высевальными аппаратами 6 и 7, семятокопроводы 8, дисковые сошники 9, механизмы передач 10 (рисунок. 2.2), подъема 11 сошников и регулировки глубины 12 их хода. Лотки 13 (рисунок. 2.1) туковывсевающих аппаратов 7 развернуты на 180° в сторону против движения агрегата, соединены с дополнительными токопроводами 14, сообщенными с туковыми

наральниковыми сошниками 15, размещенными за дисковыми семенными сошниками 9 между строчками семян – в середине междурядья и закрепленными под задним брусом 16 рамы 1 на полном квадрате вала 17 (рисунок 2.1) с возможностью их регулирования по нему, по высоте и перевода в транспортное или рабочее положение. Квадратный вал 17 с обеих сторон оснащён граблями 18 и поперечным квадратным брусом 19, а последний посредством пружинных стоек 20 – выравнивающим брусом 21, сеялка также имеет подножную доску 22 для нахождения сеяльщика. В её прицепном устройстве имеется гидроцилиндр 23, который обеспечивает перевод рабочих органов из транспортного положения в рабочее и обратно, а также регулировочный винт 24 для возможной общей установки сошников.



1 - рама, 2 - прицепное устройство, 3 - опорно-приводные колеса, 4 и 5 - зернотокковые бункеры, 6 и 7 - высевающие аппараты, 8 - семязакпроводы, 9 - дисковые сошники, 11 - подъем сошников, 12 - регулировка глубины, хода, 13 - лотки, 7 - туковые высевающие аппараты, 14 - тукопроводы, 15 - туковые наральниковые сошники, 9 - семенные сошники, 16 - задний брус, 17 - полый квадратный вал, 18 - пружины, 19 - поперечный квадратный брус, 20 - пружинные стойки, 21 - вырабатывающие бруссы, 22 - подножная доска, 23 - гидростанция, 24 - регулировочный кнат.

Рисунок 2.1 - Технологическая схема зернотуковой сеялки, вид сбоку.

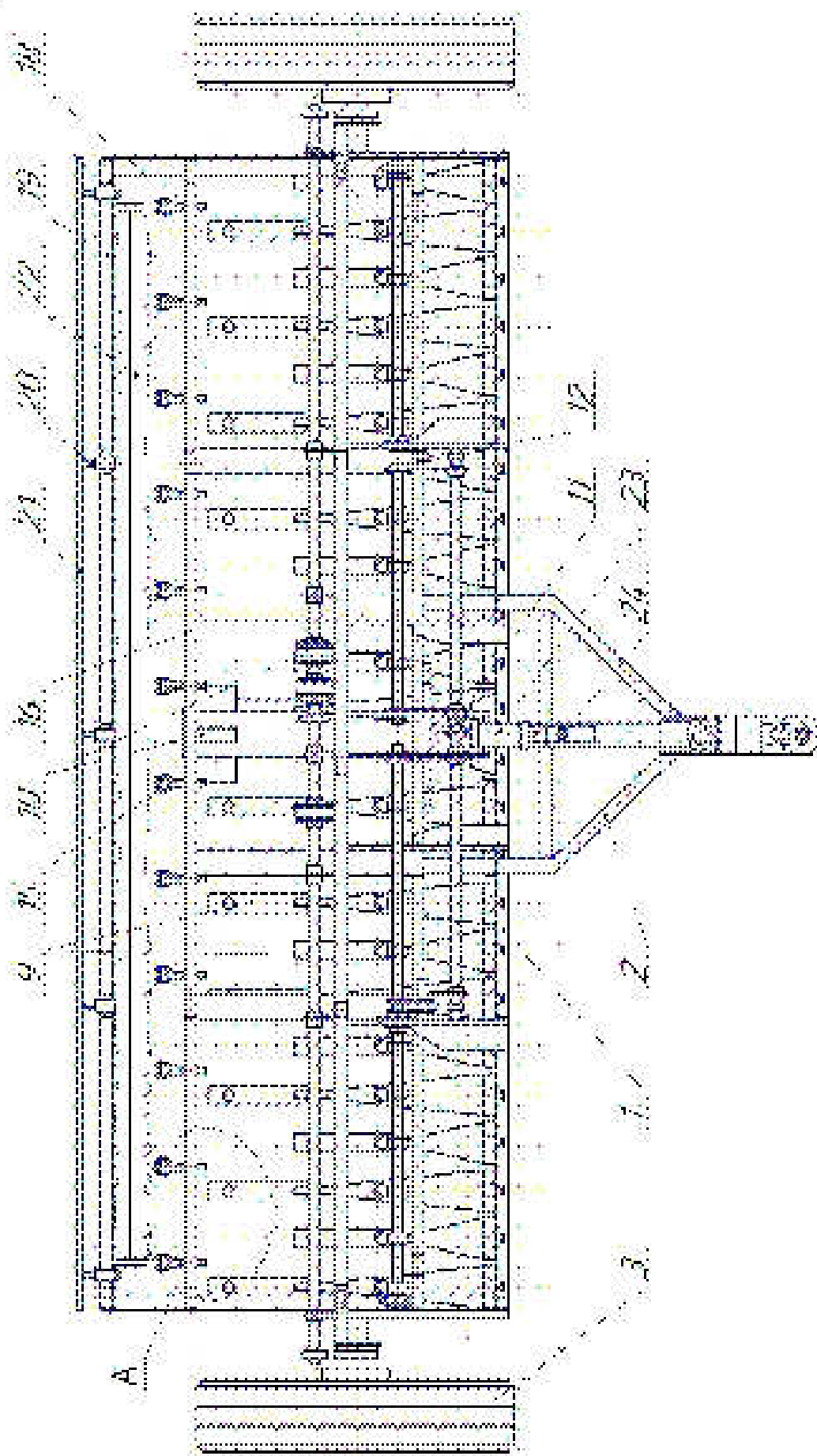


Рисунок 2.2 - Технологическая схема на зернотуковой сеялке, вид сверху

2.3 Обоснование способа раздельно-параллельного высева семян

Зернотуковая сеялка работает следующим образом.

При движении сеялки и опущенных сошниках 9 и 15 катушки высевающих аппаратов 6 вращаются, вытребуют семена из корпуса и подают их в семяпроводы 8. По семяпроводам семена перемещаются в дисковые сошники 9, которые заделывают их в почву на установленную глубину. Для припосевного внесения удобрений их засыпают в бункер 5 и открывают заслонки туковысевающих аппаратов 7. Катушки вытребуют гранулы из бункера 5 и посредством лотка 13 подают их в тукопроводы 14. По тукопроводам 14 гранулы удобрений перемещаются в наральниковые сошники 15, которые образуют свои бороздки на установленной глубине, после чего заделываются самоосыпанием почвы и выравнивающим бруском²¹. Кроме того, наличие упругой связи выравнивающего бруса с поперечным квадратным бруском 19 посредством пружинных стоек 20, способствует плавному копированию рельефа поверхности поля.

Конструкция сеялки дает возможность располагать туки на расстоянии и глубже расположения семян, то есть благодаря размещению туковых сошников в середине междурядья в виде узкой ленты появляется возможность улучшить условия снабжения прорастающих семян питательными веществами от минеральных удобрений – подрастающие корни находят питательные вещества в доступной форме. Причём, каждая лента снабжает по два ряда семян.

2.4 Обоснование параметров сошника для раздельного высева семян и удобрений

Важнейшей задачей развития механизации посева зерновых культур является разработка и освоение высокопродуктивных, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий возделывания. Для роста и развития

культурных растений необходимо определенное количество питательных веществ, влаги, света и тепла.

Внесение удобрений при посеве слишком близко к семенам, может повлечь за собой риск солевого эффекта и токсичного воздействия удобрения (химический ожог). Наиболее благоприятным является раздельное внесение удобрений и семян — это позволяет корням растений развиваться в направлении источника питания, образуя мощную разветвленную корневую систему.

При совместном высеве семена ложатся на уплотненное ложе, созданное сошником и перемешиваются с удобрением (рисунок. 2.1а). В течение 24 часов, лента аммиака (NH_3) и аммония (NH_4) увеличивается до 7,5 см в диаметре. При высеве на разную глубину семена находятся на безопасном расстоянии от воздействия азота, когда он пребывает в форме аммиака (NH_3) и аммония (NH_4) (рисунок 2.1б) [4].

После двух недель, в результате внешней диффузии азота, лента расширяется от 10 до 12,5 см.

Примерно от 50 до 60 % азота представлено полезной формой нитрата (NO_3), концентрация азота значительно снижается. Некоторые проростки гибнут, в результате солевого эффекта вызванного концентрированным азотом, что приведет к сокращению количества ростков культуры. Токсичное воздействие азота и солевой эффект замедляют развитие культуры (рисунок. 2.2а).

Постепенное восприятие нитрата (рисунок. 2.2б) способствует ускоренному развитию корневой системы.

Внесённые удобрения на данном этапе обладают меньшей концентрацией и представляют меньший риск для проростков. Корневая система развивается лучеобразно для получения нитрата, который распространяется от центра ленты азота.

После четырех недель ширина ленты увеличивается от 15 до 20 см. Концентрация азота значительно снижается, около 90 % принимает форму

полезного нитрата (NO_3), что значительно ослабляет воздействие солевого эффекта на растение. Многие растения гибнут в период токсичного воздействия удобрения и солевого эффекта, оставшиеся растения начинают поправляться (рисунок 2.3а). При высеве на разную глубину (рисунок 2.3б) корни культуры врастают в ленту внесенного азота, корневая система значительно развивается по направлению к доступному нитрату. Обычно за четырехнедельный интервал развития растение получает 20 % азота от полной нормы, требуемой на всем цикле роста.

Следует отметить, что для получения высокого урожая необходимо, чтобы площадь питания каждого растения была оптимальной. Установлено, что наилучшей формой площади питания растений должен быть круг или квадрат со стороной 4,4 или 4,5/4,5 см. Создание оптимальных условий для произрастания растений (внесение удобрений ниже уровня семян и рациональная площадь питания) зависят прежде всего от рабочих органов сеялки и в большей степени от конструкции сошников [19].

Для осуществления разноуровневого посева семян и удобрений нами разработан комбинированный сошник (рисунок 2.4). При посеве рабочие элементы 1 благодаря заостренным носкам врезаются в почву.

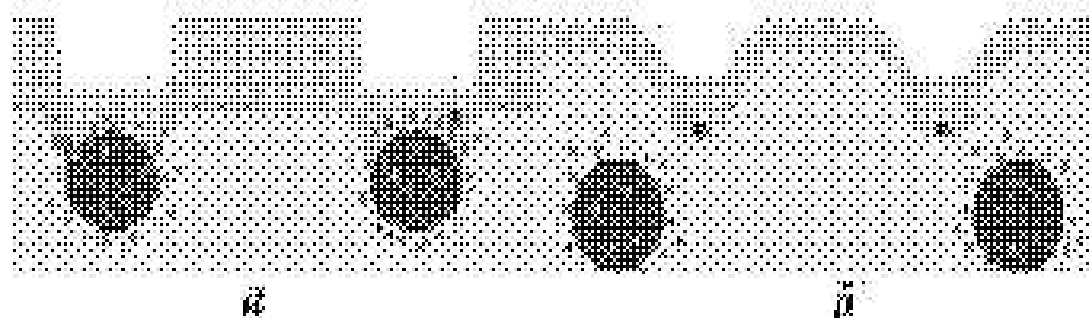


Рисунок. 2.1. Размещение семян и удобрений через 24 часа после посева: а — совместный посев; б — посев на разную глубину

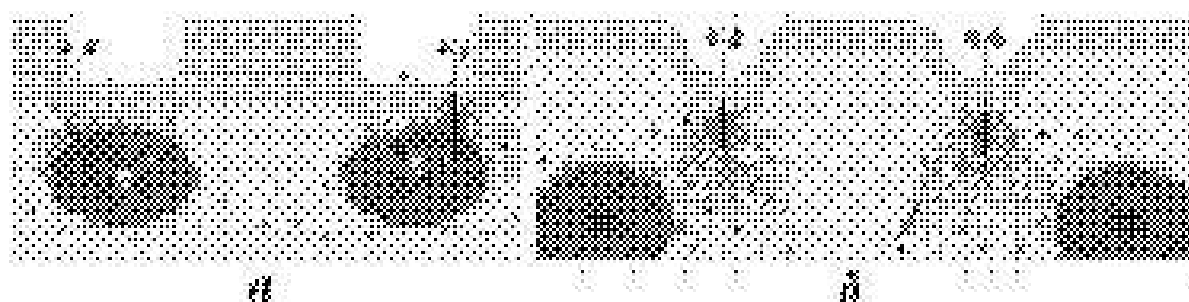


Рисунок 2.2 Размещение семян и удобрений через две недели после посева:
а — совместный высев; б — высев на разную глубину



Рисунок 2.3. Размещение семян и удобрений через четыре недели после посева:
а — совместный высев; б — высев на разную глубину

Предлагаемый сошник позволяет получить двухленточный посев при этом минеральные удобрения располагаются ниже уровня семян основной культуры и засыпаются влажным слоем почвы, что устраняет прямой контакт семян и удобрений, а следовательно, химический ожог семян. Семена укладываются на уплотненное ложе, равномерно по площади питания и глубине заделки, сверху засыпаются влажным слоем почвы [5].

Качество распределения и заделка семян зерновых культур зависят от характера движения их в системе: семяпровод-сошник-почва. Для определения равномерности распределения семян по площади питания необходимо определить точки встречи их с поверхностью почвы.

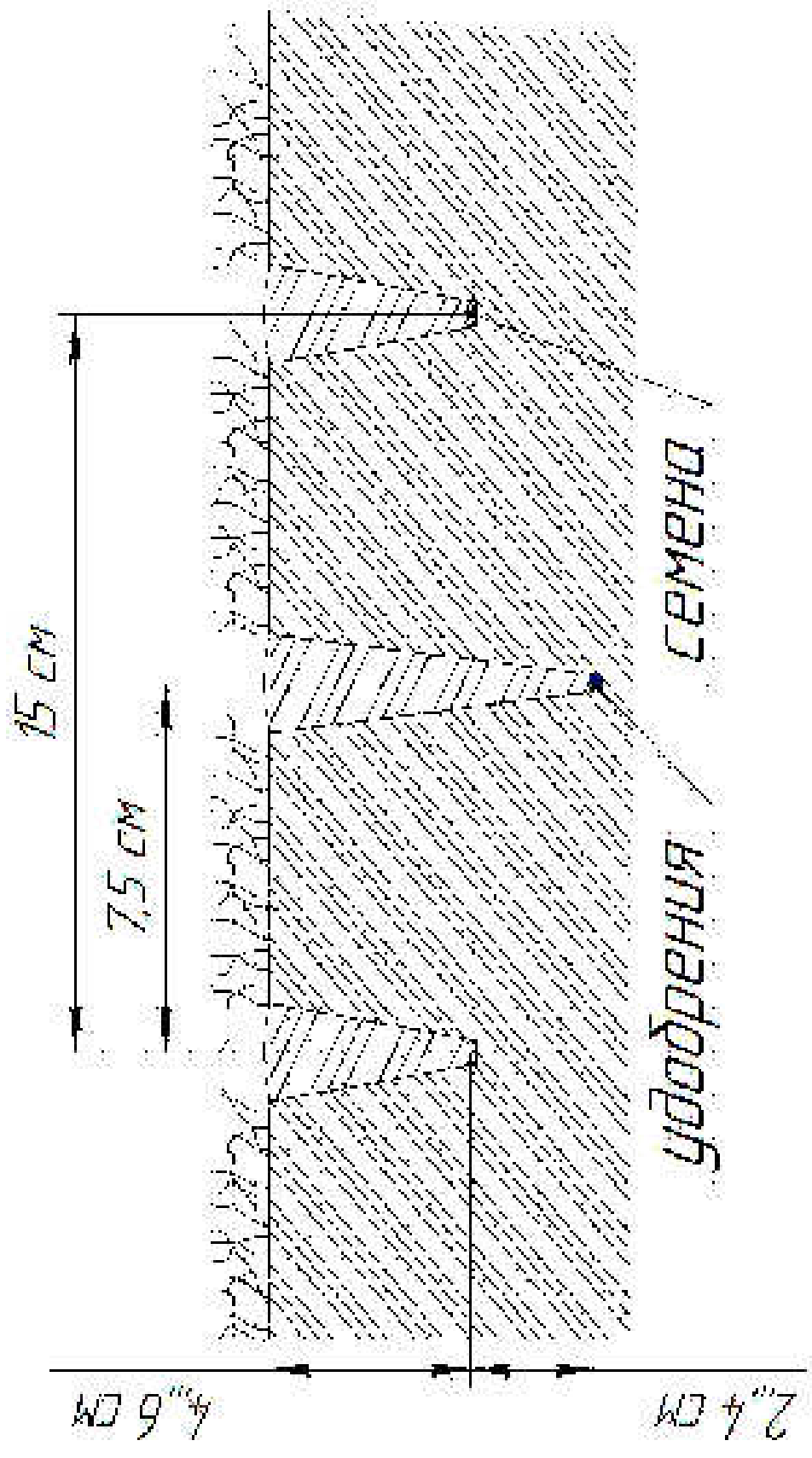


Рисунок 2.4 –Схема расположения семян и удобрений

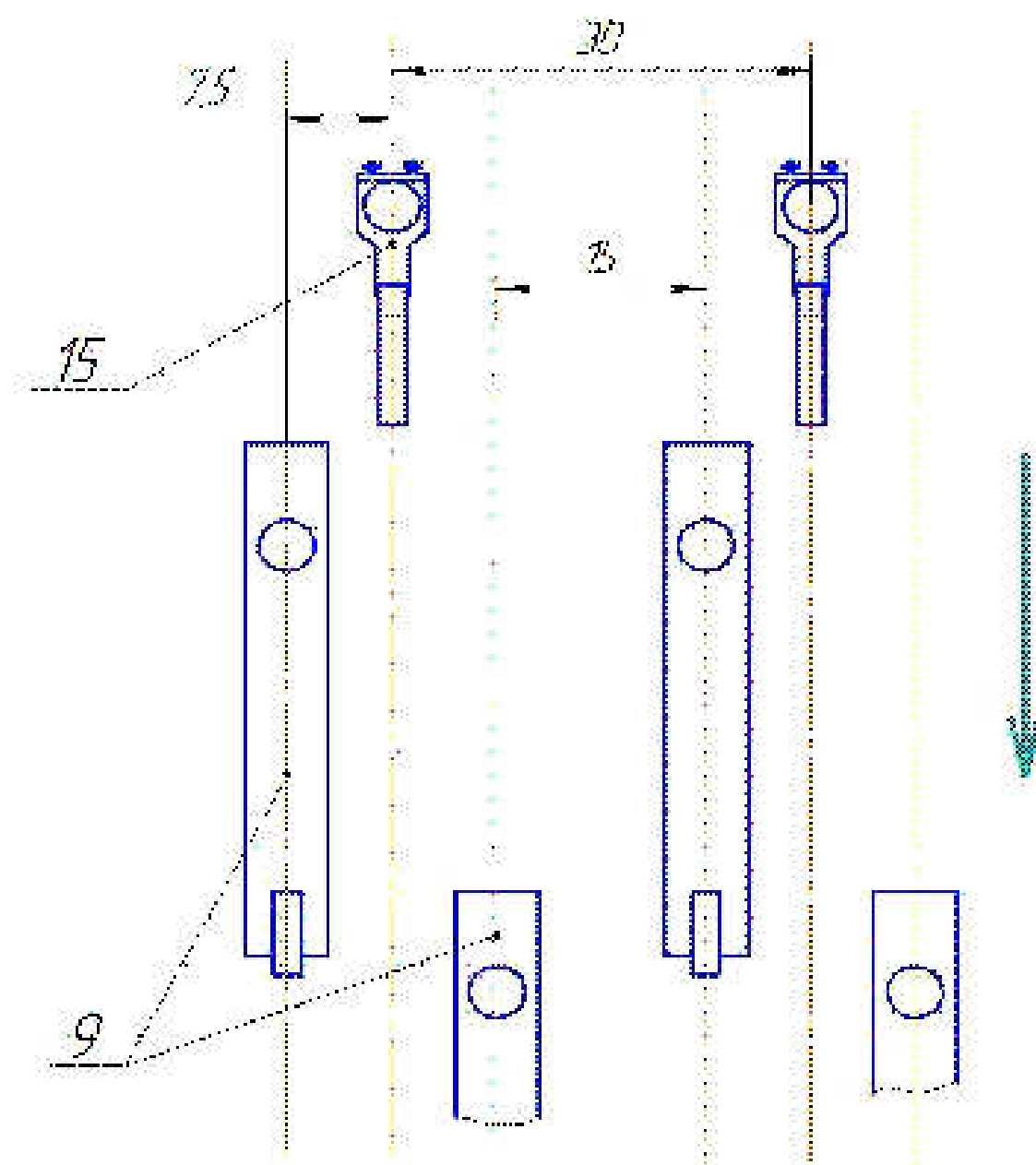


Рисунок 25 – Схема расположения сошников для высева семян и внесения удобрений

Предлагаемое расположение сошников позволяет получить двухленточный посев (на расстоянии друг от друга 7,5 см) при этом минеральные удобрения располагаются ниже уровня семян (на 2,4 см) основной культуры и засыпаются влажным слоем почвы, что устраняет прямой контакт семян и удобрений, а, следовательно, химический ожог семян. Семена укладываются на уплотненное ложе, равномерно по площади питания и глубине заделки, сверху засыпаются влажным слоем почвы.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Для определения рациональных конструктивно-технологических параметров и режимов работы сошника и проверки установленных теоретических предпосылок процесса распределения удобрений отдельно от семян, была разработана программа экспериментальных исследований.

Программа включает проведение экспериментальных исследований. В соответствии с поставленными вопросами экспериментальные исследования включают решение следующих задач:

- разработка и изготовление экспериментальной установки;
- исследование процесса раздельного высева семян и удобрений.
- лабораторные исследования сеялки, оборудованной разработанными сошниками на посеве зерновых культур и сравнительную оценку агротехнических показателей ее работы по сравнению с серийными сеялками, оборудованной серийными сошниками;

3.2. Методика определения физико-механических свойств почвы

На качество рыхления почвы в надсеменном слое и кинематический режим работы предлагаемого сошника влияют физико-механические свойства почвы, а именно плотность и влажность почвы. Оптимальное значение которых обуславливается агротехническими требованиями к посеву. При проведении лабораторных исследований в почвенном канале показатели плотности и влажности контролировали и выдерживали в соответствии агротехническими требованиями к посеву.

Влажность почвы контролировали влагомером резисторного типа FieldScout TDR 100 (Spectrum Technologies, Inc, США), представленным на рисунке 3.4. Прибор определяет влажность почвы. Его принцип измерения основан на изменении зависимости диэлектрической проницаемости материала с учетом его температуры. Устройство выполняет замеры

влажности почвы с достаточно высокой точностью (класс точности 0,5) и отображает показания замеров на дисплее: содержание влаги в процентах и температуру. Диапазон измерений содержания влаги в почве от 0 % до 50 % (предел насыщенности почвы, максимальное значение - 100 % для воды), температура почвы - от - 40 °C до + 200 °C.



Рисунок 3.1 – Влагомер резисторного типа FieldScout TDR 100

Определения плотности почвы. В пробе почвы содержатся не только твердые частицы, но также воздух и влага. Поэтому плотность почвы в естественном состоянии зависит от состава пробы и степени заполнения пор влагой и воздухом.

Для определения плотности почвы применяют механические способы (буровой, фиксажный, песчаный и другие) с последующим взвешиванием или методы, основанные на использовании приборов, в принцип действия которых заложена зависимость распространения различного рода излучений (гамма-излучения и других) в материале от его свойств. Однако для послойного определения плотности почвы (слой 30...40 мм) использовать

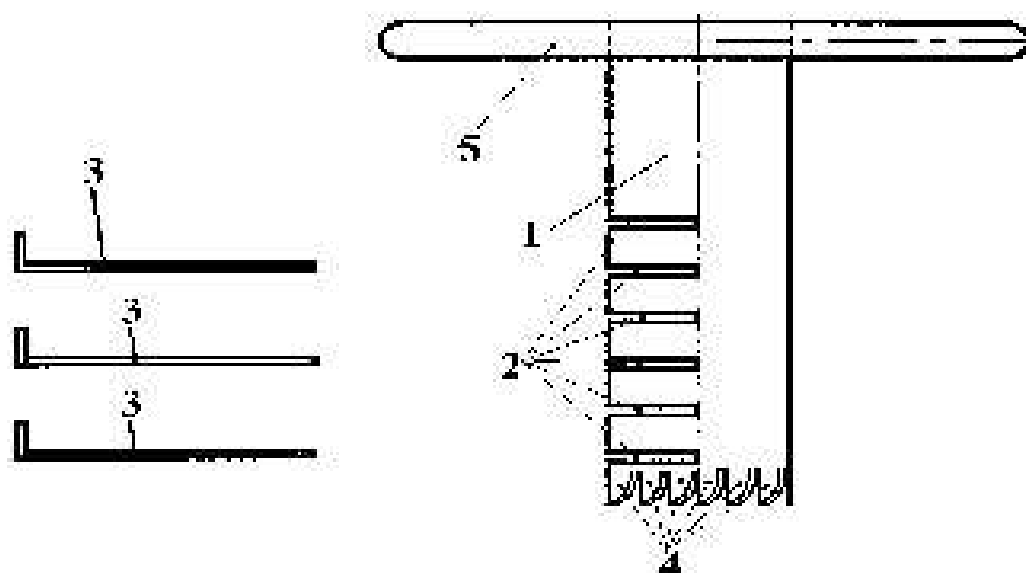
методы второй группы затруднительно, поскольку изучение распространяется в почве на большую глубину.

Для определения плотности почвы часто используют метод режущих цилиндров с использованием бура Качинского, прибора Литвинова и других устройств. Однако определение плотности почвы данными методами затруднено в связи с необходимостью использования дополнительных инструментов и сложностью конструкций приборов для механического определения плотности почвы.

Поэтому целесообразно для определения плотности почвы в надземном слое использовать устройство для послойного определения плотности почвы.

Устройство для определения плотности почвы (рисунок 3.5) состоит из тонкостенного цилиндра, в стенках которого через равные промежутки выполнены горизонтальные прорезы 2 до середины цилиндра. В прорезях 2 с возможностью перемещения в горизонтальном направлении установлены задвижки 3, выполненные в виде пластин прямоугольной формы. Торцы пластин имеют форму полуокружности. По окружности нижней части тонкостенного цилиндра выполнены режущие элементы, тыльная сторона которых вертикальная, а лобовая сторона - саблеобразная и двусторонне заточена. В верхней части тонкостенного цилиндра установлена ручка 5.

Устройство для взятия пробы почвы устанавливали вертикально на поверхность почвы. Затем погружали цилиндр 1 в почвенный слой на требуемую глубину (до 120 мм), соблюдая вертикальность и исключая уплотнения почвы внутри цилиндра 1. После этого убирали почву около цилиндра 1 до глубины погружения его торца в почву, вставляли разделительные задвижки 3 и извлекали устройство из почвы вместе с находящимися в нем пробами.



1 – цилиндр; 2 – горизонтальные прорезы; 3 – задвижки; 4 – режущие элементы; 5 – ручка.

Рисунок 3.2 – Устройство для послойного определения плотности почвы

Взятые пробы почвы помещали в бюксы и взвешивали на весах ВСТ-300/10 (рисунок 3.2) с точностью до 0,01 г. Для получения достоверных результатов пробы почвы для определения плотности брали в трехкратной повторности на одинаковом расстоянии друг от друга по всей длине почвенного канала.

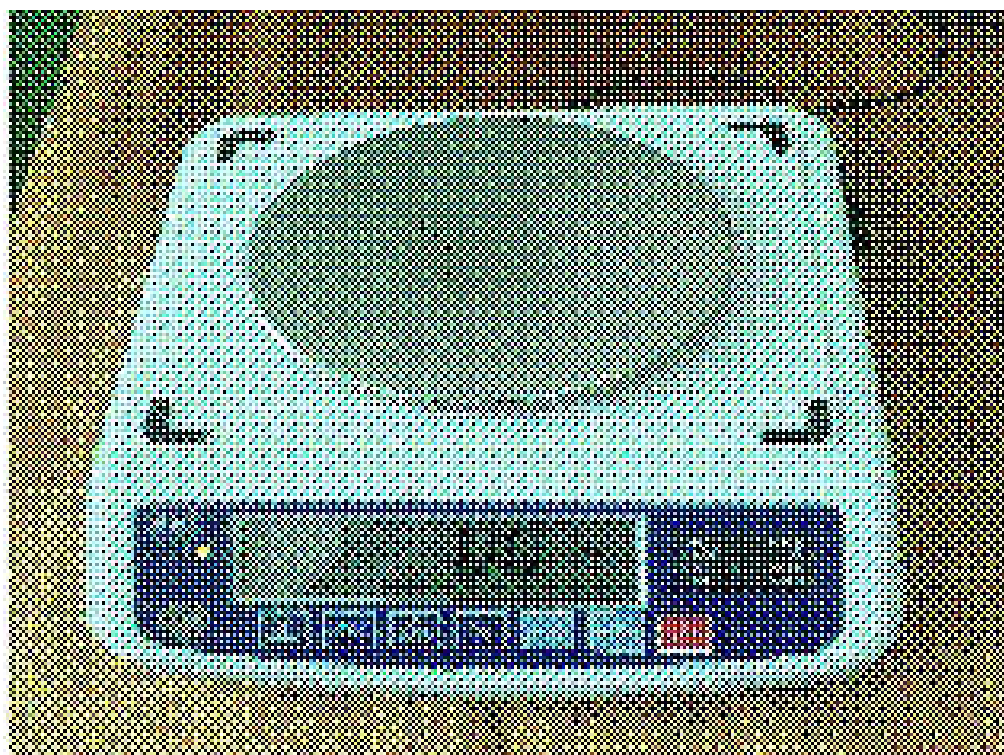


Рисунок 3.3 – Весы ВСТ-600

Рассчитаем плотность n -го слоя почвы зная объем пробы почвы V_n , m^3 , между разделительными задвижками 3 цилиндра 1,:

$$\rho = m/V,$$

где m - масса пробы почвы, кг.

Гребнистость после прохода сошника определяют с помощью профилометра рисунок 3.4. На планшете профилометра располагали миллиметровую бумагу с нулевой горизонтальной линией, от которой начинали отсчет. Профилометр устанавливали в почвенный канал, стержни-копиры выравнивали по нулевой линии, которая отражала изменения профиля почвы после прохода сошника. Затем ослабляли зажимы, которые фиксируют стержни-копиры и перемещали их в отверстия рейки профилометра до полного контакта с поверхностью почвы.

На миллиметровой бумаге отмечали точками положение каждого стержня копира. Соединяя полученные точки между собой, получали профиль почвы после прохода сошника.

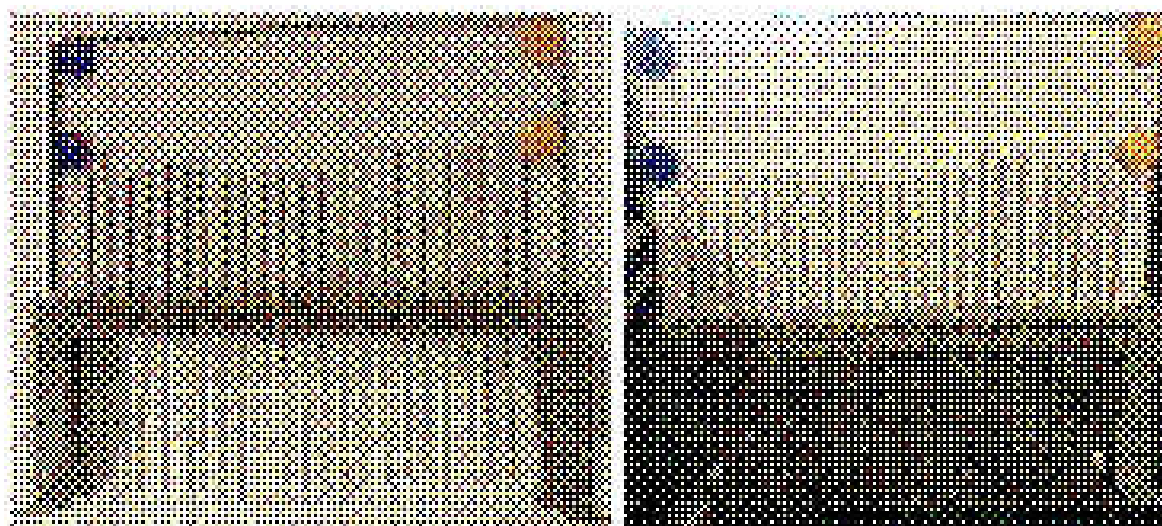


Рисунок 3.4 – Профилометр

По профилограмме определяли длину кривой и сопоставляли ее с длиной замеряемого участка.

3.3 Методика определения гребнистости поверхности поля в зависимости от конструктивно-технологических параметров сошниковой группы

Для решения задач по исследованию различных параметров, влияющих на норму и качество высева семян и удобрений, была спроектирована и изготовлена лабораторная установка. Общий вид и схема приведена на рисунке 3.5.

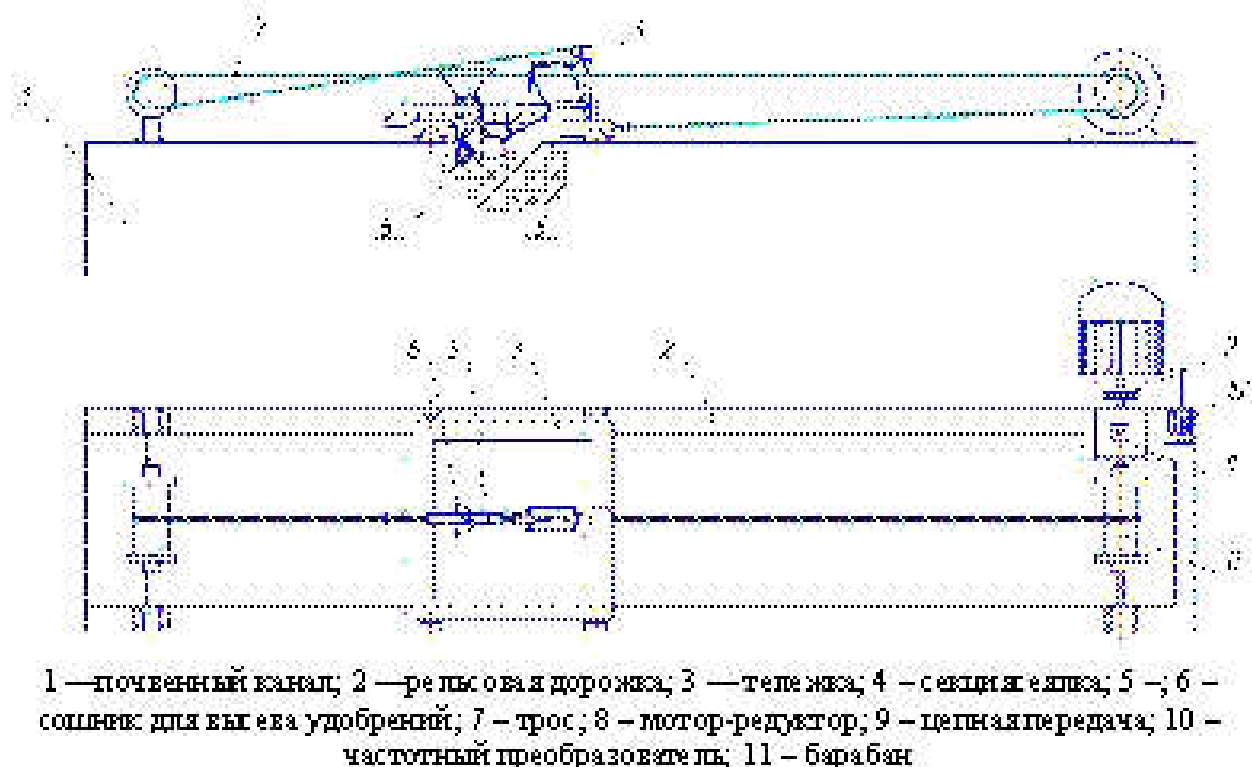


Рисунок 3.5 - Экспериментальная лабораторная установка

Лабораторная установка состоит из рамы, на которой установлены сошники сеялки СЗ-3,6 и туковывсевающий сошник из сеялки пневматической универсальной 6 (3).

Непосредственно перед началом проведения опытов в почвенном канале подготавливали почву в соответствии с агротехническими требованиями к предпосевной подготовке почвы: перекапывали и выравнивали; равномерно поливали почву по всей поверхности. После того как влажность почвы принимала оптимальное значение (19...23 %), проводили экспериментальные исследования.

Для проведения экспериментальных исследований по изучению закономерностей процесса высева семян создана лабораторная модель сошниковой группы для разноуровневого высева семян и удобрений, новизна технического решения которого подтверждена патентом на изобретение № 2683374 (приложение А).



Рисунок 3.6 – Лабораторная модель сошниковой группы для разноуровневого высева семян и удобрений



Рисунок 3.7 – Измерение линейкой гребнистости поверхности земли после прохода сошниковой группы

Таким образом, с помощью созданной лабораторной модели сошниковой группы для разноуровневого высева семян и удобрений, лабораторной установки и измерительного комплекса можно исследовать влияние разнообразного сочетания конструктивных параметров и режимов работы на качество распределения семян и удобрений, а также расположение удобрений ниже горизонта семян.

Для фотографирования и записи видеоматериала в замедленном режиме изготовленной экспериментальной установки, а также анализировать процессы высева семян и удобрений применяли фотоаппарат Canon IXUS 220 HS.

Обработку экспериментальных данных проводили на персональном компьютере.

3.4 Методика обработки экспериментальных исследований

При постановке эксперимента каждый опыт включал трехкратное повторение. По полученным результатам определялась средняя арифметическая величина, которая представляет собой обобщенную характеристику полученных в ходе опыта значений выходной величины и определяется по формуле:

$$Y_{cp} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n, \quad (3.1)$$

где $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ – значения выходной величины, полученные при различной повторности опыта;

n – количество повторности опыта.

Среднее квадратичное отклонение использовали для оценки рассеяния результатов и определяли по формуле:

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

Коэффициент вариации:

$$v = \pm \frac{\sigma_Y}{Y_{cp}} \cdot 100, \%$$

Дисперсия ошибок экспериментальных значений определяется по формуле:

$$S_Y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - Y_{cp})^2}{N(n-1)}, \quad (3.3)$$

где n – количество повторности опыта;

N – число строк плана;

Y_{ij} – значения выходной величины;

Y_{cp} – среднее значение выходной величины.

Проверку однородности дисперсии ошибок опытов проводили с помощью критерия Кохрена по формуле:

$$G = \frac{s_{Ymax}^2}{\sum_{i=1}^N s_{Yi}^2} < G_{табл}, \quad (3.4)$$

где G и $G_{табл}$ - вычисленное и табличное значение критерия Кохрена;
 $S_{y\max}$ - наибольшая постоянная дисперсии ошибок.

Выбранные дисперсии проверяются на адекватность экспериментальных данных с помощью универсального статистического показателя – критерия Фишера (F – критерия):

$$F_{\text{ксп}} = \frac{S_{\sigma\max}^2}{S_{\sigma\min}^2}; \quad 3.5$$

где $S_{\sigma\max}$ и $S_{\sigma\min}$ - максимальное и минимальное значение дисперсии.

Обработку результатов экспериментальных данных проводили на вычислительной технике.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1 Результаты определения физико-механических свойств почвы

В процессе посева сошник для разноуровневого высева семян и удобрений должен обеспечивать оптимальную плотность в надсеменном слое. Поэтому необходимо выбрать такой критерий оптимизации, который всесторонне оценит исследуемый объект и свяжет действующие факторы в математическую модель. Проанализировав способы оценки качества посева сошниками, показатели, характеризующие процесс их работы, выявили необходимость дальнейшего совершенствования и разработки методов определения показателей качества посева.

Для всесторонней оценки в качестве критерия оптимизации примем коэффициент соответствия эталону плотности почвы в надсеменном слое $K_{\text{сэ}}$. Он характеризует качество посева с точки зрения соответствия плотности почвы в надсеменном слое эталонным значениям, установленным агротехническими требованиями к посеву пропашных культур. Данный критерий является универсальным и позволяет оценить качество посева сошниками такого типа.

Определим коэффициент соответствия эталону:

$$K_{\text{сэ}} = 1 - (|\rho_{\text{опт}} - \rho_{\text{э}}| / \rho_{\text{опт}}) \quad 4.1$$

где $\rho_{\text{опт}}$ – оптимальная плотность почвы в надсеменном слое, установленная в соответствии с агротребованиями к возделыванию пропашных культур, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\rho_{\text{э}}$ – плотность почвы в надсеменном слое, полученная после проведения эксперимента, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Оптимальную плотность почвы $\rho_{\text{опт}}$ на глубине заделки семян выбрали на основе всестороннего анализа научно-технической литературы. Оптимальная плотность почвы при посеве пропашных культур составляет $950 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Подставив полученные значения оптимальной плотности почвы в выражение (4.1), получим формулу для определения коэффициента соответствия эталону $K_{\text{эт}}$:

$$K_{\text{эт}} = [1 - (|950 - \rho_2|/950)] \quad 4.2$$

Плотность почвы в надсеменном слое ρ_2 при проведении каждого опыта определяли по методикам, описанным в разделе 3.2.

На процесс высева сошником для разноуровневого высева семян и удобрений влияет множество различных факторов, которые могут быть контролируемыми и управляемыми, контролируемыми, но не управляемыми, не контролируемыми и не управляемыми. Исследование общего влияния большого количества факторов, сочетающихся в произвольных соотношениях, часто приводит к неясным закономерностям и ошибочным выводам. В связи с этим необходимо выбрать основные независимые факторы, влияющие на процесс высева, которые оказывают наибольшее влияние на протекание процесса.

К контролируемым и управляемым факторам процесса посева сошником для разноуровневого высева семян и удобрений можно отнести: Δ_1 – скорость движения сеялки; Δ_2 – угол наклона стойки сошника; Δ_3 – массу сошника.

Первоначальный гранулометрический состав почвы, плотность почвы до прохода сошника для разноуровневого высева семян и удобрений, влажность почвы и другие являются контролируемыми, но не управляемыми. К не контролируемым и не управляемым факторам для данного процесса можно отнести параметры окружающей среды и другие. При проведении исследований и обработке результатов экспериментов для выбора оптимальных режимов работы сошника для разноуровневого высева семян и удобрений учитывали только контролируемые факторы.

Применяя метод формализации априорной информации [28], а также учитывая такие требования к факторам, как управляемость, однородность и

отсутствие корреляции между ними, определяли те из них, которые оказывают наибольшее влияние на процесс высева сошником для разноуровневого высева семян и удобрений. В результате этого из всех выше указанных факторов были выбраны x_1 – скорость движения сеялки; x_2 – угол наклона стойки сошника.

4.2 Результаты определения гребнистости поверхности поля

Одним из параметров, оценивающих качество посева и имеющим важное значение для послепосевной обработки почвы, является гребнистость поля после прохода сеялки.

Гребнистость поля после обработки можно определить по формуле:

$$\Gamma_r = l_{кр}/l_y \quad 4.3$$

где $l_{кр}$ - длина кривой, м;

l_y - длина измеряемого участка, м.

Гребнистость Γ_r после прохода сошника для разноуровневого высева семян и удобрений при проведении каждого опыта определяли по методикам, описанным в разделе 3.3.

При определении гребнистости поверхности поля, получена таблица координат точек гребней. Показатель гребнистости поверхности рассчитывается по длине и ширине прохода сошниковой группы. При постановке эксперимента каждый опыт включал четырехкратное повторение.

По полученным результатам были построены графики.

Таблица 4.1 – Результаты определения гребнистости поверхности поля в зависимости от скорости движения агрегата

№ п.п.	Средняя гребнистость поверхности поля H , см	Скорость агрегата V , м/с
1	1,4	0,8
2	1,8	1,1
3	2,3	1,4
4	2,7	1,7
5	3	2,0

На первом этапе экспериментальных исследований было рассмотрено влияние скорости на гребнистость поверхности, результаты которого приведены на рисунке 4.1.

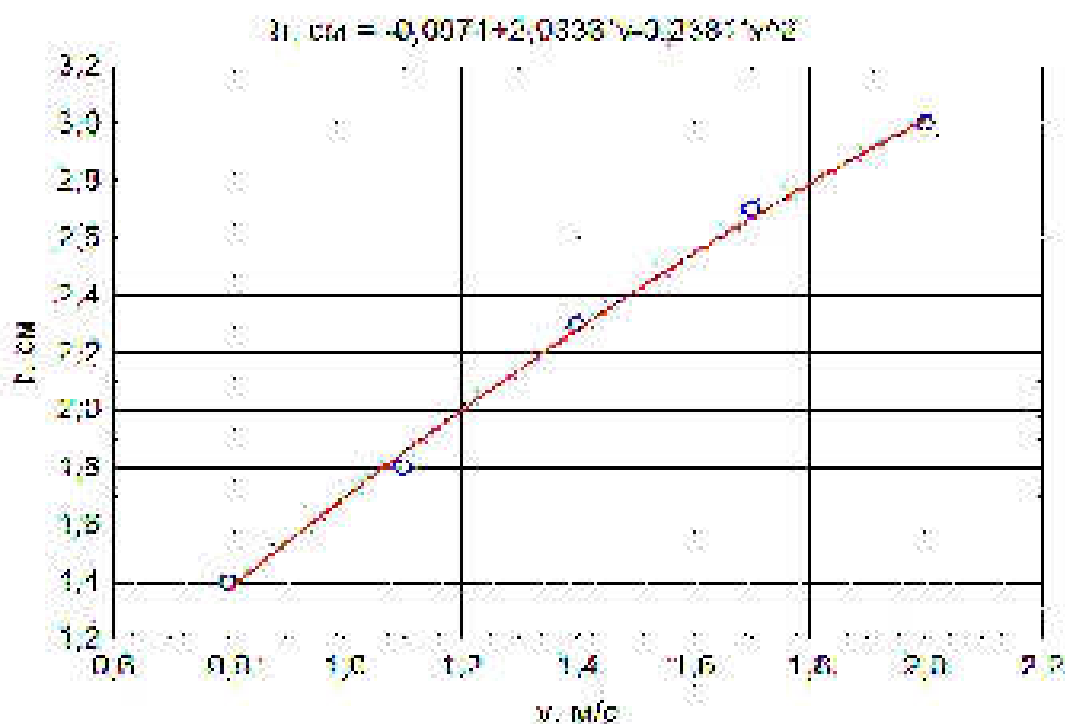


Рисунок 4.1 – График зависимости высота гребней от скорости хода сошников

Анализ графика 4.1 показывает, что гребнистость при рабочих скоростях в пределе (от 9-12 км/ч) с сошниковой группы в пределах агротехнических требований.

Далее были проведены экспериментальные исследования при различных скоростях на каждую измеряемую глубину.

Таблица 4.2 – Результаты определения высоты гребней от глубины хода сошников при различных скоростях $v = 0,8; 1,1; 1,7; 2$

№	l , см	h_1 , см	h_2 , см	h_3 , см	h_4 , см
1	4	1,1	1,3	1,5	1,8
2	6	1,4	1,5	1,7	2,1
3	8	1,5	1,8	2	2,4
4	10	1,8	2,1	2,2	2,7
5	12	2	2,4	2,7	3№

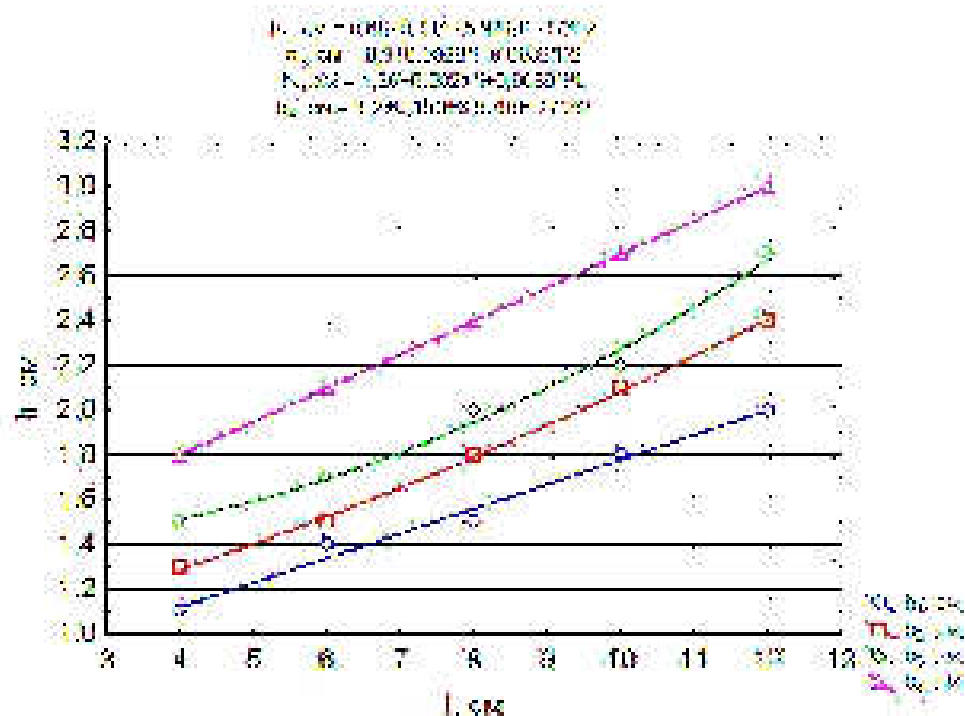


Рисунок 4.2 – График зависимости высота гребней от глубины хода сошников при различных скоростях $v = 0,8; 1,1; 1,7; 2$.

Полученные уравнения регрессии экспериментальных зависимостей с величиной достоверности аппроксимации 0,95 представлены в следующих видах:

$$h_1, \text{ см} = 0,68 + 0,11 \cdot l + 5,9344 \cdot 10^{-17} \cdot l^2 \quad 4.4$$

$$h_2, \text{ см} = 0,9 + 0,0829 \cdot l + 0,0036 \cdot l^2 \quad 4.5$$

$$h_3, \text{ см} = 1,36 + 0,0021 \cdot l + 0,0089 \cdot v^2 \quad 46$$

$$h_4, \text{ см} = 1,2 + 0,15 \cdot l + 8,9016 \cdot 10^{-17} \cdot v^2 \quad 47$$

$$h, \text{ см} = 0,8217 + 0,1832 \cdot l + 0,0137 \cdot v + 0,1587 \cdot l^2 + 0,04 \cdot v^2 + 0,0045 \cdot l \cdot v$$

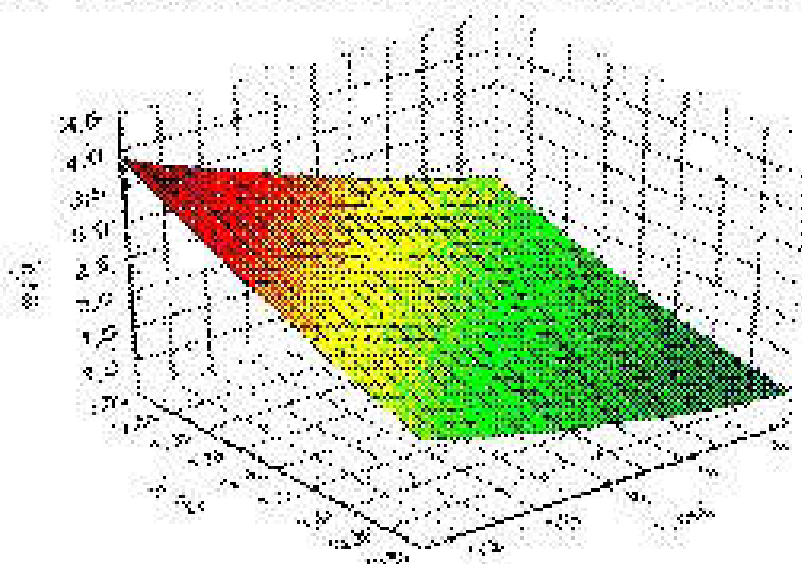


Рисунок 4.3 – График зависимости показателя технологической эффективности от скорости прохода сошниковой группы и заглубленности сошников.

По полученным результатам получено уравнение регрессии следующего вида:

$$h, \text{ см} = -3,2549 + 1,5058 \cdot l + 1,2044 \cdot v - 0,0588 \cdot l^2 + 0,0283 \cdot l \cdot v - 0,0992 \cdot v^2$$

Как видно из представленного графика наиболее высокая эффективность процесса прохода сошниковой группы имеет при скорости $V = 1,4 \text{ м/с}$ и заглублением туковых сошников на глубину $L = 7,0 \dots 7,5 \text{ см}$

Таким образом, результаты экспериментальных испытаний показывают, что сошниковая группа, с параметрами, обоснованными теоретическими исследованиями, позволяет получить рациональные значения показателей технологической эффективности процесса посева. Это позволяет утверждать адекватность теоретических и экспериментальных исследований.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

5.1 Сравнительная технико-экономическая оценка

За последние годы в сельскохозяйственных предприятиях нашей страны парк тракторов и сельхозтехники постоянно уменьшается, т.к. ухудшаются их техническое состояние и, как следствие, качественные показатели. Государственная программа развития сельского хозяйства на 2013 - 2020 годы нацелена на повышение эффективности и конкурентоспособности продукции сельскохозяйственных товаропроизводителей за счет технической и технологической модернизации производства. Реализация этой программы возможна благодаря разработке и внедрению в производство современных энерго- и ресурсосберегающих технологий возделывания культур и средств механизации для их эффективного осуществления.

Оценка экономической эффективности является заключительным этапом комплексной оценки внедрения разрабатываемых. Она предусматривает определение влияния разрабатываемых средств механизации на улучшение конечных показателей таких как увеличение прибыли за счет повышения урожайности, сокращение эксплуатационных затрат, затрат труда, то есть снижение себестоимости продукции сельхозпроизводства.

Экономическая эффективность применения сошника посевной машины, оборудованной раздельным высевом семян и удобрений определяется путем сравнения основных затрат и урожайности при выполнении посева раздельно и ниже горизонта семян с серийными сошниками существующей посевной машины «СЗ-3.6».

Расчет экономической эффективности проводится согласно ГОСТ 53056-2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки».

Прямые эксплуатационные затраты денежных средств на единицу наработки в рублях определяем по формуле:

$$И = З + Г + Р + А, \quad (5.1)$$

где $З$ – затраты средств связанные с оплатой труда обслуживающего персонала, руб/га;

$Г$ – затраты на ГСМ (горюче-смазочные материалы), руб/га;

$Р$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/га;

$А$ – затраты на амортизацию, руб/га

Производительность посевной машины за час сменного времени определяем по формуле:

$$W_{см} = W_{\text{н.с.}} \cdot K_{см} \quad (5.2)$$

Производительность агрегата за час эксплуатационного времени равна

$$W_{\text{н.с.}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_{\text{м}} \quad (5.3)$$

где B_p – рабочая ширина захвата посевной машины, $B_p = 3,6$ м;

$V_{\text{м}}$ – скорость движения агрегата, $V_{\text{м}} = 9$ км/ч;

$K_{см}$ – коэффициент использования времени смены, $K_{см} = 0,8$;

$$W_{\text{н.с.}} = 1 \text{ га/ч};$$

$$W_{см} = 0,8 \text{ га/ч}.$$

Затраты связанные с оплатой труда обслуживающего персонала определяются

$$З = \frac{1}{W_{см}} \cdot N \cdot \tau, \quad (5.4)$$

где N – количество обслуживающего персонала, чел;

$W_{см}$ – производительность в единицах наработки за 1 час сменного времени;

τ – оплата труда тракториста, (60,77 руб/чел-ч. на 2019 год).

$$З = 63,46 \text{ руб/га}.$$

Затраты на горюче-смазочные материалы:

$$\Gamma = q_i \cdot Ц_{\text{дт}} \quad (5.5)$$

где q_i - удельный расход горюче-смазочных материалов, $q_i=5$ кг/га;

$Ц_{\text{дт}}$ - цена на 1 л дизельного топлива, руб/л (45,95 руб/л на май 2019 г.).

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт от балансовой стоимости машины

$$P = \frac{Б_Б \cdot k_{\text{тр}}}{W_{\text{зх}} \cdot T_2}$$

где $Б_Б$ - балансовая цена посевной машины «СЗ-3,6», ($Б_Б=550000$ руб. на 2019 г.);

$k_{\text{тр}}$ - коэффициент отчислений на текущий ремонт и ТО; $k_{\text{тр}}=0,12$ [105]

T_2 - зональная нормативная годовая загрузка, для сеялки $T_2 = 90$ ч. [105]

Балансовая стоимость посевной машины с экспериментальными сошниками $Б_З$, руб. формируется из стоимости изготовления и установки пневматической системы и распределителей.

Затраты на покупку материалов, изготовление и установку экспериментального сошника $З_М$, руб. посевной машины складываются из следующих элементов:

- покупка туковывсевающего сошника 1 шт 1500 руб.;
- затраты на установку (1 ч.) – 200 руб.

$$З_М = 1500 + 200 = 1700 \text{ руб.}$$

Тогда балансовая стоимость посевной машины с экспериментальными сошниками, руб:

$$Б_З = Б_Б + З_М \quad (5.7)$$

$$Б_З = 550000 + 1700 = 574500 \text{ руб.}$$

Затраты средств на амортизацию техники

$$A = \frac{Б \cdot \alpha}{W_{\text{зх}} \cdot T_2} \quad (5.8)$$

где α - коэффициент отчислений на амортизацию, $\alpha=0,167$.

Затраты труда на выполнение посевных работ определяем по формуле

$$Z_r = \frac{H}{W_{\text{сч}}}; \quad (5.9)$$

Зональная полевая наработка на посевную машину с экспериментальными сошниками для подпочвенно-разбросного посева зерновых культур определятся по формуле

$$E_z = W_{\text{эк}} \cdot T_r, \quad (5.10)$$

$$E_r = 90 \text{ га.}$$

Удельные капитальные вложения определим по формуле

$$K = \frac{B}{W_{\text{эк}} \cdot T_z}, \quad (5.11)$$

Прибавку урожайности зерна вычислим из формулы

$$\Delta Y = Y_z - Y_{\text{б}}, \quad (5.12)$$

где Y_z - урожайность озимой пшеницы «Московская-39» при посеве экспериментальными сошниками, $Y_z = 2,7 \text{ т/га}$;

$Y_{\text{б}}$ - урожайность озимой пшеницы «Московская-39» при посеве серийными сошниками базовой посевной машины «СЗ-3.6», $Y_{\text{б}} = 2,52 \text{ т/га}$.

$$\Delta Y = 2,86 - 2,52 = 0,18 \text{ т/га.}$$

Выручка от реализации прибавки урожая зерна найдем по формуле

$$C_{\text{з}} = \Delta Y \cdot C_z, \quad (5.13)$$

где C_z - средняя цена реализации 1 т пшеницы, ($C_z = 6000 \text{ руб/т}$ на 2016 г.)

$$C_{\text{з}} = 0,18 \cdot 6000 = 1080 \text{ руб/га.}$$

Из уравнения (5.1) определим прямые эксплуатационные затраты подставляя значения Z, Γ, P, A

$$I_{\text{б}} = 63,46 + 135 + 613,3 + 853,6 = 1665,36 \text{ руб/га.}$$

$$I_{\text{з}} = 63,46 + 148,5 + 620,2 + 863 = 1695,16 \text{ руб/га.}$$

Приведенные затраты на единицу наработки определим из формулы

$$\Pi = I + KE, \quad (5.14)$$

где I – прямые эксплуатационные затраты денежных средств на единицу наработки, руб./га;

K – капитальные вложения на единицу наработки, руб./га;

E – нормативный коэффициент капитальных вложений, $E=0,15$

$$\Pi_5 = 1665,36 + 5111 \cdot 0,15 = 2432 \text{ руб./га.}$$

$$\Pi_3 = 1695,16 + 5168,2 \cdot 0,15 = 2470,4 \text{ руб./га.}$$

Экономическую эффективность применения разработанного сошника относительно серийного сошника посевной машины «СЗ-3.6» определим по формуле

$$\Theta_3 = (\Pi_3 - \Pi_5) + C_0 \quad (5.15)$$

$$\Theta_3 = 2432 - 2470,4 + 1080 = 1041,6 \text{ руб./га}$$

Годовой экономический эффект равен, руб

$$\Theta_r = \Theta_3 \cdot B_3 \quad (5.16)$$

$$\Theta_r = 1041,6 \cdot 90 = 93744 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений на разработку сошника для разноуровневого высева семян и удобрений

$$T_{ок} = \frac{3_n}{3_r} \quad (5.17)$$

$$T_{ок} = 3200 / 93744 = 0,03 \text{ лет}$$

Прибыль за счет повышения урожайности

$$\Pi_d = (Y_n - Y_b) C_{оп} S_0 \quad (5.18)$$

где Y_n , Y_b – урожайность зерновых при предлагаемом и базовом вариантах, ц/га; $C_{оп}$ – оптовая цена реализации зерна за 1 ц, руб.

Следовательно,

$$\Pi_d = (28,9 - 25) \cdot 2400 \cdot 100 = 936000 \text{ руб.}$$

Значения полученных показателей приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Техничко-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Посевная машина «СЗ-3.6» с серийными сошниками	Посевная машина «СЗ-3.6» с экспериментальными сошниками
1	Производительность посевной машины за 1 ч. сменного времени W_{CM} , га/ч	3,2	3,2
2	Производительность агрегата за 1 ч. эксплуатационного времени $W_{ЭКС}$, га/ч	1	1
3	Зональная нормативная годовая загрузка $TЗ$, час	90	90
4	Затраты на оплату труда $З$, руб/га	63,46	63,46
5	Затраты на горюче-смазочные материалы $Г$, руб/га	135	148,5
6	Балансовая стоимость $Б$, руб.	550000	574500
7	Затраты на ТО и ТР P , руб/га	613,3	620,20
8	Затраты средств на амортизацию A , руб./га	853,6	863
9	Затраты труда $ЗТ$, чел-ч/га	1,25	1,25
10	Удельные капитальные вложения K , руб	5111	5168,2
11	Урожайность $У$, т/га	25	28,9
12	Прямые эксплуатационные затраты $И$, руб/га	1665,36	1695,16
13	Приведенные затраты $П$, руб/га	2432	2470,4

По результатам расчетов сделан следующий вывод. Применение экспериментального сошника ведет к увеличению затрат по сравнению с серийно выпускаемым сошником, за счет увеличения стоимости машины, но

при этом увеличивается урожайность возделываемой культуры, от реализации которой увеличивается доход на 1 га площади посева. Экономическая эффективность от внедрения сошника с раздельным высевом семян и удобрений составит 1041,6 руб/га.

ВЫВОДЫ

1. Существенным недостатком большинства сеялок является то, что семена и туки высеваются в один и тот же рядок, что приводит к нежелательному контакту удобрений и семян, которые от этого теряют всхожесть. Для снижения экологических рисков, повышения всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур необходимо разработать такую конструкцию сошниковой группы, позволяющую ориентировано размещать удобрения относительно корневой системы культурных растений.

2. Разработана конструктивно-технологическая схема усовершенствованной зерновой сеялки, обоснованы параметры раздельно-параллельного высева семян и удобрений, позволяющего размещать туки ниже горизонта расположения семян на 2...4 см глубже и на 7,5 см в сторону.

3. По исследованиям процесса образования посевного ложа для семян и удобрений предлагаемой сошниковой группой, наиболее высокая эффективность процесса прохода сошниковой группы имеет при скорости $V = 2,5...3,3$ м/с (9...12 км/час) и заглублением тукowych сошников на глубину $L = 7,0...7,5$ см

4. Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения предлагаемых конструктивных изменений составит 1041,6 руб/га.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторское свидетельство № 134507, кл. 45b, 12. Ускоряющая комбинированная зерновая сеялка / В.Н. Кашутин, заявл. 24.07.1959, опубл. 1960, Бюл. № 24.
2. Беляев Е.А. Посевные машины. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 62 с.
3. Галимов М.М., Халиуллин Д.Т. Современные способы посева / Агроинженерная наука XXI века Научные труды региональной научно-практической конференции. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ. 2018. С. 53-58.
4. Галимов М.М., Халиуллин Д.Т. Анализ перспективных машин для раздельно-параллельного высева семян и удобрений Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения д.э.н., профессора Н.С. Каткова. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2018. С. 66-68.
5. ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2008. – 54с
6. Демчук, Е. В. Обоснование параметров двухленточного сошника зерновой сеялки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Е. В. Демчук. – Новосибирск, 2010. – 19 с.
7. Дроздов В.Н. Комбинированные почвообрабатывающие и посевные машины / В.Н. Дроздов, В.Ф. Кандеев. – М.: Нива России, 1992. – 197 с.
8. Зыкин Е.С. Способ посева пропашных культур с разработкой катка-гребнеобразователя Дисс. канд. техн. наук. 2007. - 238 с.
9. Земдиханов М. М. Разработка и обоснование параметров сошника сеялки для подпочвенно-разбросного посева: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. - Казань, 1999. - 24 с.
10. Зуев В.М. Потенциальные возможности растениеводства: пути их реализации // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1998. – № 6. – С. 6-8.

11. Ивженко С.А. Совершенствование технологии посева / С.А. Ивженко, Е.Н. Плещков, Д.В. Боков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – № 4. – С. 7-8.
12. Иофинов С.А. Индустриальные технологии возделывания сельскохозяйственных культур / С.А. Иофинов, Г.П. Лышко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – № 4. – С. 16-18.
13. Козлов В.А. Обоснование параметров и режимов работы комбинированного высевающего аппарата вибрационного типа: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2012. 131 с.
14. Крут Г. Овощеводство / Пер. с нем. Леунов В.И. – М.: Колос, 2000. – 576 с.
15. Крутяков М.Л. Перспективы развития конструкций посевных и посадочных машин / М.Л. Крутяков, И.Я. Антоненко // Тракторы и сельхозмашины. – 1964. – № 1. – С. 30-31.
16. Матюк Н.С. Принципы ресурсосберегающей обработки почвы в современной системе земледелия / Н.С. Матюк, В.А. Шевченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. – № 7. – С. 2-4.
17. Мальцев, В. В. Совершенствование технологии и средств механизации при возделывании зерновых в Западной Сибири : моногр. / В. В. Мальцев. – Омск : ОмГАУ, 2004. – 116 с
18. Мазитов Н.К. Влажно-энергосберегающая технология и техника возделывания подсолнечника / Н.К. Мазитов, Л.З. Шарафиев, Д.Т.
19. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2009. – 146 с.
20. Методологические основы совершенствования рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин : моногр. /И. Д. Кобяков [и др.]. – Омск : ОмГАУ, 2012. – 144 с.

21. Патент РФ № 2565256, МПК А01С 7/00; А01В 49/06. Селетка комбинирования / М.В. Канделя, заявл. 14.04.2014, опубл. 20.10.2015 Бюл № 29.

22. Патент РФ № 2400959, МПК А01С 7/00; А01В 49/06. Посевная секция зернотуковой селетки / Н.Ф. Скурятин, заявл. 13.03.2009, опубл. 10.10.2010, Бюл. № 28.

23. Пат. RU № 2187922. Способ посева сои / В.Д. Муха, И.А. Оксененко; Опубл. 27.08.2002; Бюл. № 8.

24. Патент РФ № 2256315, МПК А01С 7/00. Зернотуковая селетка / Л.Н. Бурков, заявл. 04.07.2003, опубл. 20.07.2005, Бюл. № 20.

25. Патент РФ № 2415539, МПК А01С 7/00; Посевная секция зернотуковой селетки / Н.Ф. Скурятин, заявл. 24.11.2009, опубл. 10.04.2010, Бюл. № 10.

26. Патент РФ № 2400959, МПК А01С 7/00; А01В 49/06. Посевная секция зернотуковой селетки / Н.Ф. Скурятин, заявл. 13.03.2009, опубл. 10.10.2010, Бюл. № 28.

27. Пат. RU № 2108014. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат / А.Ф. Жук; Опубл. 10.04.1998; Бюл. № 15.

28. Пат. 2683374 Российская Федерация, МПК А01С 5/08; А01В 49/0. Селетка зернотуковая [Текст] / Халиуллин Д.Т., Булгариев Г.Г., Чиков В.И., Афанасьев И.Н., Семущкин Н.И., Галимов М.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Казанский ГАУ. - N 2018116961; заявл. 07.05.2018; опубл. 28.03.2019, Бюл. N 10. - 9 с.: ил.

29. Посыпанов Г.С. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков. – М.: Колос, 2007. – 612 с.

30. Ревут И.Б. Вопросы теории обработки почвы // Теоретические вопросы обработки почвы, в. 1. – Л., 1968. – С. 7-18.

31. Усманов Д.Ф., Халиуллин Д.Т. Равномерное распределение удобрений – залог получения качественного урожая / Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию

со дня рождения д.э.н., профессора Н.С. Каткова. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2018. С. 219-221.

32. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачёв. – М: КолосС, 2003. – 624с.

33. Халиуллин Д.Т. Исследование сошников для разбросного посева. / Д.А. Галиаскаров, Д.Т. Халиуллин // Перспективные исследования и разработки молодых ученых. Материалы научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ. – 2017. – 196. С. 33-37.

34. Халиуллин, С.М. Яхин, Р.Ф. Садриев // Современное состояние, проблемы и перспективные развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2017 – 226 с. С. 3-10.

35. Халиуллин Д.Т. Исследование сошников для разбросного посева. / Д.А. Галиаскаров, Д.Т. Халиуллин // Перспективные исследования и разработки молодых ученых // Материалы научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ. – 2017. – 196. С. 33-37.

36. Шаронов И.А. Разработка катка-гребнеобразователя с обоснованием его оптимальных параметров. Дисс. канд. техн. наук. 2011. - 235 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

