

А.А. Панков, В.В. Аулин, М.И. Черновол

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОЦЕССА ВЫСЕВА
НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПНЕВМОНИКИ**

Монография

Кировоград

Издатель Лысенко В.Ф.

2016

УДК 631.331+62-522.7

ББК 34.41

П - 264

Печатается по решению ученого совета Кировоградского национального технического университета, протокол №4 от 21.12.2015г.

Рецензенты:

Пастухов В.И. – д.т.н., проф., заведующий кафедрой "Сельскохозяйственные машины" Харьковского национального университета сельского хозяйства имени Петра Василенко

Дырда В.И. – д.т.н., проф., заведующий кафедрой "Надежность и ремонт" машин Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета.

Свирень Н.А. – д.т.н., проф., заведующий кафедрой "Сельскохозяйственное машиностроение" Кировоградского национального технического университета.

Панков А.А., Аулин В.В., Черновол М.И.

П-264 Технические средства процесса высева на основе элементов пневмоники: Монография // А.А. Панков, В.В. Аулин, М.И. Черновол. - Кировоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2016. - 243с.

ISBN

В монографии исследованы перспективные направления и тенденции разработки, создания и совершенствования высевающих аппаратов и систем посевных машин с минимальной энергетикой производства и рабочего процесса, высокой надежностью, возможностью автоматизации процесса и его управляемости на каждом участке перемещения машины, в любой момент времени ее функционирования. Новые возможности для построения надежных, простых в обслуживании и недорогих устройств для механизации процесса высева и систем его автоматического управления появились с созданием и применением элементной базы пневмоники. Поэтому одним из направлений повышения эффективности технологического процесса высева является его принципиальное структурное изменение на основе исследования и разработки высевающих аппаратов и систем дискретного действия с исполнительными и управляющими элементами пневмоники, связанных гибкой дискретной синхронизацией с перемещением посевной машины.

Издание предназначено научным и инженерно-техническим сотрудникам, которые исследуют вопросы разработки, проектирования, эксплуатации и управления высевающих аппаратов и систем посевных машин, будет полезно преподавателям, аспирантам, магистрам и студентам машиностроительных и агротехнических учебных заведений, а также специалистам и инженерно-техническому персоналу АПК.

ББК 34.41

ISBN

© Панков А.А., Аулин В.В., Черновол М.И., 2016

© Кировоградский национальный технический университет, 2016

© Издатель Лысенко В.Ф., 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1 НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЕВНЫХ МАШИН, ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ И СИСТЕМ	9
1.1 Современные концепции развития посевных машин.....	9
1.1.1 Поколения посевной техники.....	10
1.1.2 Энергетический фактор в развитии посевных машин.....	14
1.2. Использование вибрации в высевающих аппаратах и системах.....	15
1.2.1 Влияние вибраций на величину сил трения.....	16
1.2.2 Конструкции вибрационных высевающих аппаратов и систем.....	17
1.2.3 Применение звуковых и ультразвуковых колебаний в высевающих аппаратах и системах.....	26
1.2.4 Виброволновые принципы работы посевных машин.....	28
1.3 Электротехнологии в работе высевающих систем.....	29
1.3.1 Вепольное направление развития высевающих систем.....	30
1.3.2 Электромагнитные высевающие аппараты.....	30
1.3.3 Электропривод рабочих органов высевающих систем.....	38
1.4 Новые технические средства для реализации современных технологий посева.....	60
1.4.1 Посевная машина для мультигибридной технологии.....	60
1.4.2 Сеялки для точного посева зерновых культур.....	61
1.4.3 Высевающие системы для посева капсулированных семян.....	65
1.4.4 Совмещение посева с инкрустацией посевного материала.....	67
1.4.5 Высевающее устройство BioDrill фирмы Vaderstad.....	69
1.4.6 Высевающая система Xpress сеялок Amazone серии EDX.....	71
1.4.7 Скоростной посев пропашных культур.....	73
1.4.8 Скоростной посев зерновых культур.....	74
1.4.9 Совместный высев семян двух культур.....	75
1.4.10 Посев зерновых культур на гребнях.....	78
1.4.11 Технология Seed on Demand и дифференцированный высев.....	79
Выводы по первой главе.....	79
ГЛАВА 2 ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА ПНЕВМОНИКИ.....	82
2.1 Пневматические струйные элементы.....	82
2.1.1 Аэродинамические эффекты в работе струйных элементов.....	82
2.1.2 Конструкции струйных элементов.....	90

2.1.3	Вспомогательные элементы струйных систем.....	94
2.2	Элементная база пневмоники.....	95
2.2.1	Логические управляющие элементы.....	95
2.2.2	Конструктивное исполнение управляющих логических элементов....	97
2.2.3	Исполнительные силовые макроэлементы.....	98
2.2.4	Выбор геометрических параметров элемента с эффектом Коанда.....	100
2.3	Технология изготовления струйных элементов.....	103
2.3.1	Материалы для изготовления струйных элементов.....	103
2.3.2	Способы изготовления элементов пневмоники.....	104
2.4	Преимущества элементов пневмоники.....	107
2.5	Надежность элементов пневмоники.....	108
	Выводы по второй главе.....	109

ГЛАВА 3 ВЫСЕВАЮЩИЕ АППАРАТЫ И СИСТЕМЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ПНЕВМОНИКИ.....

		110
3.1	Высевающие аппараты и системы с элементами пневмоники для пунктирного однозернового высева.....	110
3.1.1	Обзор конструктивно-компоновочных схем высевающих аппаратов и систем с элементами пневмоники для пунктирного однозернового высева.....	110
3.1.2	Синтез схемы высевающей системы для пунктирного высева	122
3.1.3	Выбор способа синхронизации высева семян со скоростью движения.....	125
3.1.4	Теоретические исследования технологического процесса пунктирного посева высевающей системой с элементами пневмоники.....	130
3.1.5	Рабочий процесс высевающей системы для пунктирного посева.....	136
3.1.6	Обоснование схемы и параметров высевающего аппарата с элементами пневмоники для пунктирного высева.....	137
3.1.7	Сравнительные испытания высевающего аппарата с элементами пневмоники для пунктирного высева.....	140
3.1.8	Совершенствование высевающей системы с элементами пневмоники для пунктирного высева.....	141
3.2	Высевающие аппараты и системы с элементами пневмоники для группового высева.....	142
3.2.1	Обзор конструктивно-компоновочных схем высевающих аппаратов и систем с элементами пневмоники для порционного высева.....	142
3.2.2	Совершенствование высевающей системы с элементами пневмоники для пунктирного высева.....	150
3.3	Надежность и преимущества высевающих систем с элементами пневмоники.....	152
	Выводы по третьей главе.....	154

ГЛАВА 4 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВЫСЕВА В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....	155
4.1 Сущность системы точного земледелия.....	155
4.2 Краткая история внедрения технических средств системы точного земледелия в практику землепользования.....	158
4.3 Основные компоненты системы точного земледелия.....	160
4.4 Дифференцированный высев в системе точного земледелия.....	163
4.4.1 Особенности и преимущества дифференцированного высева.....	164
4.4.2 Проблематика реализации дифференцированного высева.....	166
4.5 Обзор технических средств для реализации дифференцированного высева.....	166
4.5.1 Механические высевающие аппараты и системы.....	167
4.5.2 Пневмомеханические высевающие аппараты и системы.....	173
4.5.3 Импульсные и вибродискретные высевающие аппараты и системы...	185
4.5.4 Техничко-стоимостная оценка технических средств для дифференцированного высева.....	192
4.6 Теоретические основы рабочего процесса технических средств дифференцированного высева.....	193
4.7 Адаптация высевающих аппаратов и систем с элементами пневмоники к дифференцированному высеву.....	195
Выводы по четвертой главе.....	200
ГЛАВА 5 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ И СИСТЕМ.....	201
5.1 Определение мощности для привода высевающих аппаратов и систем.....	201
5.1.1 Катущечный высевающий аппарат.....	201
5.1.2 Пневматическая централизованная высевающая система.....	204
5.1.3 Вибродискретная высевающая система "Клён".....	208
5.1.4 Высевающая система с элементами пневмоники.....	209
5.1.5 Высевающая система пневмомеханической пропашной сеялки.....	209
5.2 Энергетическая эффективность работы высевающих систем.....	210
Выводы по пятой главе.....	211
ОБОБЩЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	213
ЛИТЕРАТУРА.....	216

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

АПК	– агропромышленный комплекс;
АЦП	– аналогово-цифровой преобразователь;
БУ	– блок управления;
ВА	– высевающий аппарат;
ВОМ	– вал отбора мощности;
ВС	– высевающая система;
ВСС	– высевающая система Сухина;
ГСМ	– горюче-смазочные материалы;
ГСП	– глобальная система позиционирования
ДВС	– двигатель внутреннего сгорания;
ДСМ	– дозирующая система машины;
КПД	– коэффициент полезного действия;
МТА	– машинно-тракторный агрегат;
МЭС	– мобильное энергетическое средство;
ПАК	– программно-аппаратный комплекс;
ПАС	– программно-аппаратная система;
ПВС	– пневматическая высевающая система;
ПНВ	– переменные нормы высева;
ПСУ	– пневмоструйное устройство;
ПЦВС	– пневматическая централизованная высевающая система;
САУ	– система автоматического управления;
СВС	– струйная высевающая система;
СДС	– струйная дозирующая система;
СТЗ	– система точного земледелия;
СХМ	– сельскохозяйственная машина;
СХП	– сельскохозяйственное производство;
СХТ	– сельскохозяйственная техника;
ТМ	– технологический материал;
ФИПД	– формирователь импульсов постоянной длительности;

ВВЕДЕНИЕ

Анализ тенденций и динамики развития отраслей сельского хозяйства свидетельствует о том, что дальнейшая интенсификация, укрепление и совершенствование материально-технической базы АПК невозможны без решения принципиально новых технических задач, позволяющих осуществить качественный переход для повышения эффективности производства.

В развитии интенсивного земледелия возникли принципиальные трудности. К ним, в первую очередь, относится ускоренный рост затрат антропогенной энергии на единицу сельскохозяйственной продукции. Повышение урожайности основных культур в 2,5...3,0 раза сопровождалось ростом удельных затрат антропогенной энергии в 10...15 раз и более. Если и далее повышать продуктивность традиционными методами, то земледелие превратится в очень энергоемкую отрасль [5].

Традиционные методы создания сельскохозяйственной техники уже не обеспечивают повышение производительности труда, пропорциональное затратам, а также отдачу капиталовложений, тем самым снижая эффективность производства. Все, чем располагает современный комплексно-механизированный АПК несколько не затрагивает самих его основ, заложенных тысячелетия назад. Именно поэтому рост энерговооруженности АПК и рост капиталовложений в него все больше и больше обгоняет рост его продуктивности, из-за чего необходимо изыскивать возможности технического оснащения АПК, пропорционального продуктивности.

Дальнейшее развитие СХП ставит на повестку дня новые требования к формированию материально-технической базы машин в АПК, к их конструкциям и механико-технологическим принципам действия.

Это делает актуальными исследования и разработку новых видов и конструкций средств механизации, в частности высевающих устройств и систем, с минимальной энергетикой производства и рабочего процесса, высокой надежностью, возможностью автоматизации процесса и его управляемости на каждом участке перемещения машины, в любой момент времени ее функционирования. При этом технические средства должны быть предельно просты, дешевы, надежны и долговечны.

Поэтому современный этап развития средств механизации мобильных технологических процессов в растениеводстве характеризуется поиском новых принципов конструктивно-компоновочного исполнения технических средств и организации их использования. Большое значение для развития АПК имеет изыскание новых прогрессивных технологических процессов и использование новейших технических средств, например таких, как созревание и стимуляция всхожести семян, физико-технических методов обработки и применения электроэнергии, радиации, тепла и холода в технологических процессах АПК, а также, например, микроэлектроники, мехатроники и многих других. В связи с тем, что эти работы должны вестись в широких масштабах, встает вопрос об исследовании, проектировании и изготовлении новой техники, отличной от той, которая действует в общепринятых процессах АПК.

При этом традиционные технические решения оказываются на периферии, все более теряя свою былую роль или становятся лишь фундаментом для различных новшеств, но происходит это до определенного предела, большинство традиционных решений полностью не исчезают. Вследствие этого «вакуума» возникает потребность в морально новых, надежных и энергоэффективных технических и технологических решениях.

В общем комплексе агротехнических мероприятий по выращиванию сельскохозяйственных культур важное место принадлежит посеву. Эту технологическую операцию следует считать основной и определяющей, как с агрономической, так и с технико-экономической сторон [3].

Основная задача посева заключается в оптимальном отборе и размещении посевного материала, обеспечивающем получение максимального урожая. Развитие технических средств посева направлено на дальнейшее повышение производительности, универсальности и эксплуатационной надёжности, улучшение качества высева, снижение энергоёмкости процесса высева и повреждения посевного материала [4].

Работа посевной техники является важной составляющей комплексной механизации процессов сельскохозяйственного производства, определяющей будущий урожай, а качество посева - основным фактором, влияющий на уровень технологий производства продукции растениеводства. Именно от качества посева зависит как динамика всхожести растений, так и активность их роста [1].

К современным посевным машинам предъявляются следующие требования: обеспечение высокой производительности, надежность в работе, удобство в обслуживании, высокое качество высева и заделки семян в почву, малые материалоемкость и энергопотребление, а также улучшенное художественно-эстетическое оформление [6].

Повышение агротехнических показателей качества высева путем дальнейшего совершенствования существующих и создания новых рабочих органов для более качественного выполнения технологического процесса является одной из основных задач современного развития сельхозтехники.

Очевидно, что с целью повышения эффективности работы, снижения энергоёмкости и материалоемкости выпускаемых машин, их коренной модернизации требуется поиск принципиально новых технологических и технических решений, основанных на современных достижениях Науки и Техники и соответствующих социально-экономическим требованиям [2].

Для выполнения указанных условий исследуется и направление по разработке и применению в посевной технике устройств и систем, работающих с применением элементов и устройств струйной пневмоавтоматики, или пневмоники. Это направление исследований и является содержанием данной монографии.

ГЛАВА 1 НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЕВНЫХ МАШИН, ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ И СИСТЕМ

В настоящее время посев многих культур выполняется по устаревшим технологиям несовершенными посевными машинами. Монопольное положение занимает посев зерновых и зернобобовых культур рядовыми сеялками типа СЗ-3,6, широкорядный и ленточный посев мелкосеменных и овощных культур сеялкой СО-4,2, а посев селекционных участков - сеялкой СН-16, хотя известно, что эти посевные машины являются материалоемкими и недостаточно универсальными, а технология посева такими сеялками не удовлетворяет многим требованиям агротехники, допускает до 10...30% перерасход посевного материала и его повреждение [78, 102].

Применяемые в сельскохозяйственном производстве зернотуковые сеялки типа СЗ-3,6 значительно устарели. Установлено, что несовершенство посевных машин приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур на 15...30% [4]. Вследствие этого, особенностью технической политики в СХП должна быть не только модернизация и совершенствование уже существующих сеялок, но и создание посевных машин нового поколения.

При этом уместно обратить внимание на «закон необходимого разнообразия» У.Р. Эшби [100, 101]. Весьма образная формулировка этого принципа фиксирует, что «только разнообразие может уничтожить разнообразие». Очевидно, что рост разнообразия элементов систем как целых может приводить как к повышению устойчивости за счёт формирования обилия межэлементных связей и обусловливаемых ими компенсаторных эффектов, так и к её снижению (связи могут и не носить межэлементного характера в случае отсутствия совместимости или слабой механизации, и приводить в итоге к диверсификации) [100, 101].

Первой, самой важной стадией любой работы является качественный анализ сложившихся проблем и задач, поставленных для их решения. При этом почти без вычислений получают некоторые общие соотношения между имеющимися величинами и параметрами, проясняется физическая картина процессов и явлений, и может возникать проект ожидаемого решения.

Поэтому целью обзора и анализа в главе 1 является выявление тенденций развития конструкций высевающих аппаратов и систем посевных машин на основе принципов и закономерностей эволюции, развития и применения технических средств для осуществления процесса высева и их взаимосвязи с результатами исследований в сферах естественных и технических наук.

1.1 Современные концепции развития посевных машин

В научно-исследовательских и конструкторских организациях ведутся работы по созданию посевных машин, соответствующих современным требованиям. Работы производятся как в направлении совершенствования

существующей техники, так и в направлении поиска принципиально новых технических решений [127]. Процесс совершенствования посевных машин заложен в соответствующих концепциях, или парадигмах развития.

1.1.1 Поколения посевной техники

Система технических средств в целом определяет эффективность работы аграрного сектора, но раскрыть научную проблему кризиса развития технологий и машин целесообразнее детальным изложением концепций совершенствования тех или иных машин.

При обзоре современных концепций посевных машин, в качестве опорной работы рассмотрена статья [1]. Здесь предложен способ классификации посевных машин по поколениям на основе теоретического расчёта максимально допустимой технологической скорости подачи посевного материала. При этом представлены конструктивные признаки деления посевных машин на поколения, каждое из которых обладает предельными техническими возможностями и ограничениями.

Рекомендуемые регистром технологий возделывания технические средства для посева существенно различаются между собой по исполнению и способу распределения семян по площади, и в предлагаемой классификации они отнесены к первому поколению машин.

Основополагающий принцип, подчеркивающий классификацию машин первого поколения (рис.1.1), — использование в качестве высеваемого материала непосредственно семян культурных растений. Эти машины также подают в поток высеваемых семян стартовую дозу минеральных удобрений.

Первое поколение посевных машин представляет собой техническое устройство, в котором высеваемый материал после высевающего аппарата подаётся в сошник под воздействием гравитации. Их применяют при трёх уровнях интенсификации производства: экстенсивном, нормальном и интенсивном, используя в качестве характеристики высеваемого материала самую низкую классификационную единицу для культурных растений — сорт.

Разработка первого поколения посевных машин базируется на законах механики, используемых с целью:

- расчёта элементов конструкции с учетом их взаимодействия;
- описания физических свойств почвы; представления характера движения семян и гранул минеральных удобрений через делитель по трубопроводам, через сошник в почву;
- определения траектории движения элементов машинно-тракторного агрегата по сложному рельефу поля.

Если рассматривать траекторию перемещения семян и гранул минеральных удобрений по трубопроводам от делителя в направлении сошников относительно почвы, то они под действием силы тяжести движутся с некоторой скоростью по направлению к почве и при этом перемещаются вместе с машинно-тракторным агрегатом с некоторой рабочей скоростью.

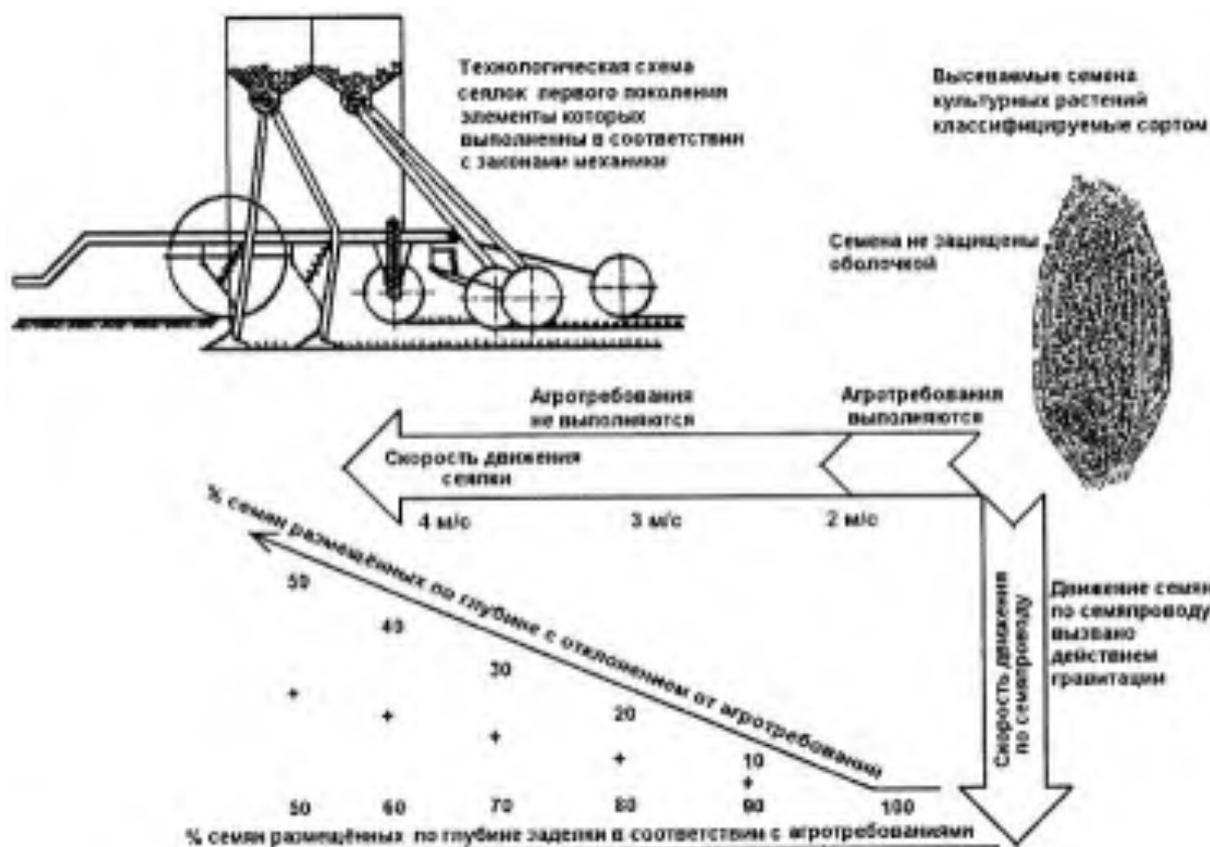


Рисунок 1.1 – Схема и принципы развития посевных машин первого поколения

Сумма векторов скоростей, приложенных к семенам и гранулам, выражается единым вектором скорости, определяющим характер их движения относительно поверхности почвы. Превышение рабочей скорости агрегата над скоростью перемещения семян по трубопроводам даёт результирующую скорость, достаточную для рикошета семян от поверхности семенного ложа, что резко увеличивает разброс по глубине заделки. Установка отражающих пластин в тело сошников для рассеивания семян по площади значительно снижает скорость перемещения семян под действием силы тяжести и приводит к разбросу значений по глубины заделки. Таким образом, производительность зависит от скорости движения посевного агрегата по полю, а её увеличение у машин первого поколения существенно снижает выполнение агротехнических требований по равномерной заделке семян на установленную глубину.

Второе поколение посевных машин (рис.1.2) представляет собой устройство, осуществляющее подачу посевного материала в сошник под воздействием двух сил — тяжести и воздушного потока. Воздушный поток создают для уменьшения времени транспортировки семян к сошнику, что позволяет увеличивать скорость движения посевного агрегата и, следовательно, его производительность. Такие машины применяют в технологиях с почвозащитной обработкой, а в качестве высеваемого материала используют дражированные или капсулированные семена гибридов. Наличие защитной оболочки позволяет перемещать семена по пневмосистеме и через делители без повреждения и травмирования.

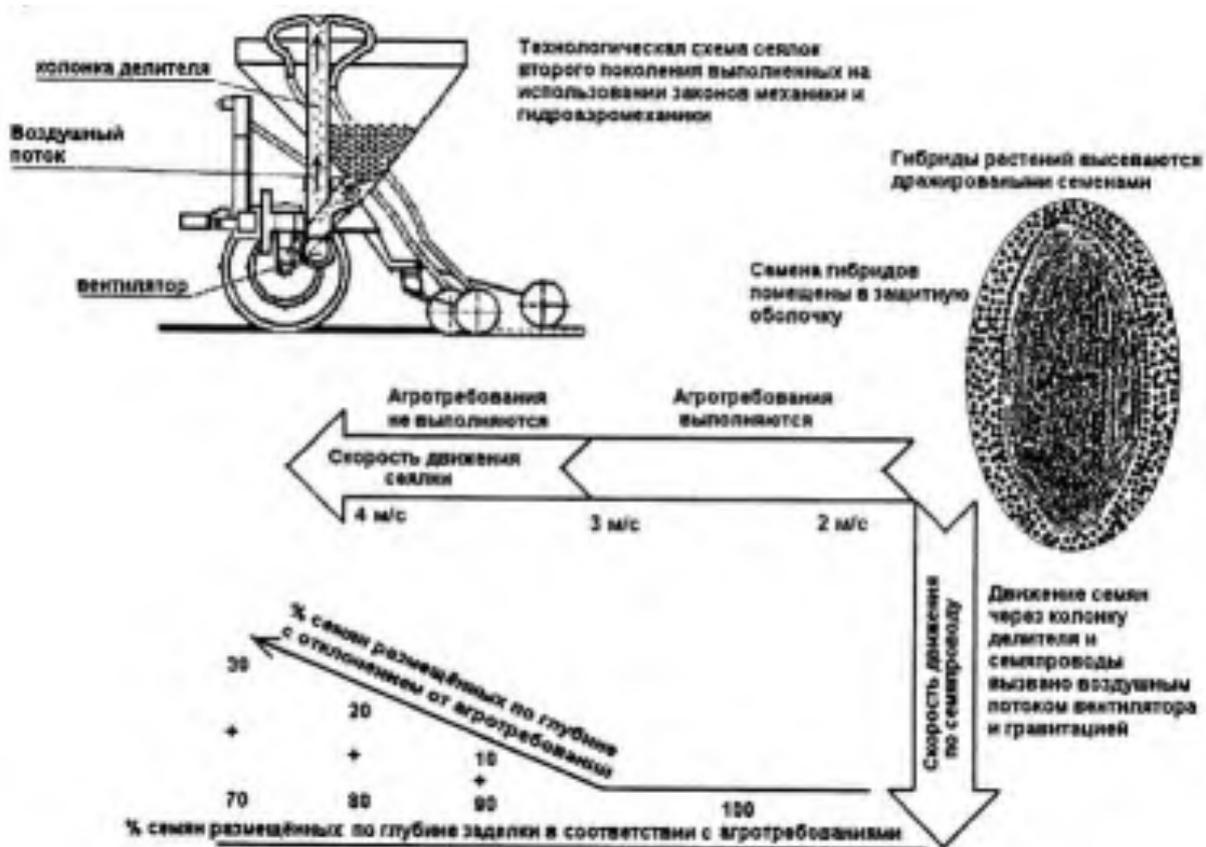


Рисунок 1.2 – Схема и принципы развития посевных машин второго поколения

В случае выращивания гибридов необходимо ежегодное приобретение семян, стоимость которых значительно выше сортовых семян элиты и суперэлиты. Это побуждает изменить не только отношение к технологиям, но и заставляет обеспечивать более точное размещение посевного материала по поверхности поля и глубине заделки, что инициирует исследование и разработку машин для точного посева зерновых культур. Продолжительность рационального периода сева культурных растений не превышает 5...7 дней, что накладывает более жёсткие требования к надёжности посевных машин. Использование гибридов связано с развитием технологий и машин второго поколения, принципиально отличающихся от интенсивных технологий и машин первого поколения. Переход на такие технологии начался после 1973г., то есть первое поколение технологий и посевных машин прогрессировало до указанного периода времени.

Разработка второго поколения посевных машин базируется на применении законов механики, электротехники и гидравлики, используемых для расчёта элементов конструкции и их взаимодействия. Из-за повышенных скоростей движения посевных агрегатов требуется установка специальных приборов для исключения перекрытия либо просеивания. Как правило, это системы автоматического управления траекторией движения по заданному алгоритму с привязкой через GPS-приёмник. Необходимо также более сложное управление дозирующими устройствами, особенно в переходные периоды. Дифференцированный высев семян осуществляется гидромоторами, частота

вращения вала которых автоматически регулируется электронными аналоговыми устройствами, работающими на тракторах, где реализованы системы неразрывной передачи мощности от двигателя к трансмиссии.

Отличительная особенность техники второго поколения — наличие вертикальных колонн, в верхней части которых поток семян и минеральных удобрений распределяется по вторичным трубопроводам делительной головкой. Управление технологическим процессом осуществляется из кабины трактора с помощью компьютера. Он следит за электромагнитной муфтой привода высеваящих механизмов, подает сигналы об уровне технологических материалов в емкостях, информирует оператора о показателях работы источника давления, двигателя и о показателях производительности.

Третье поколение посевной техники (рис.1.3) представляет собой устройства, подающие семена в сошник под действием сил воздушного потока.

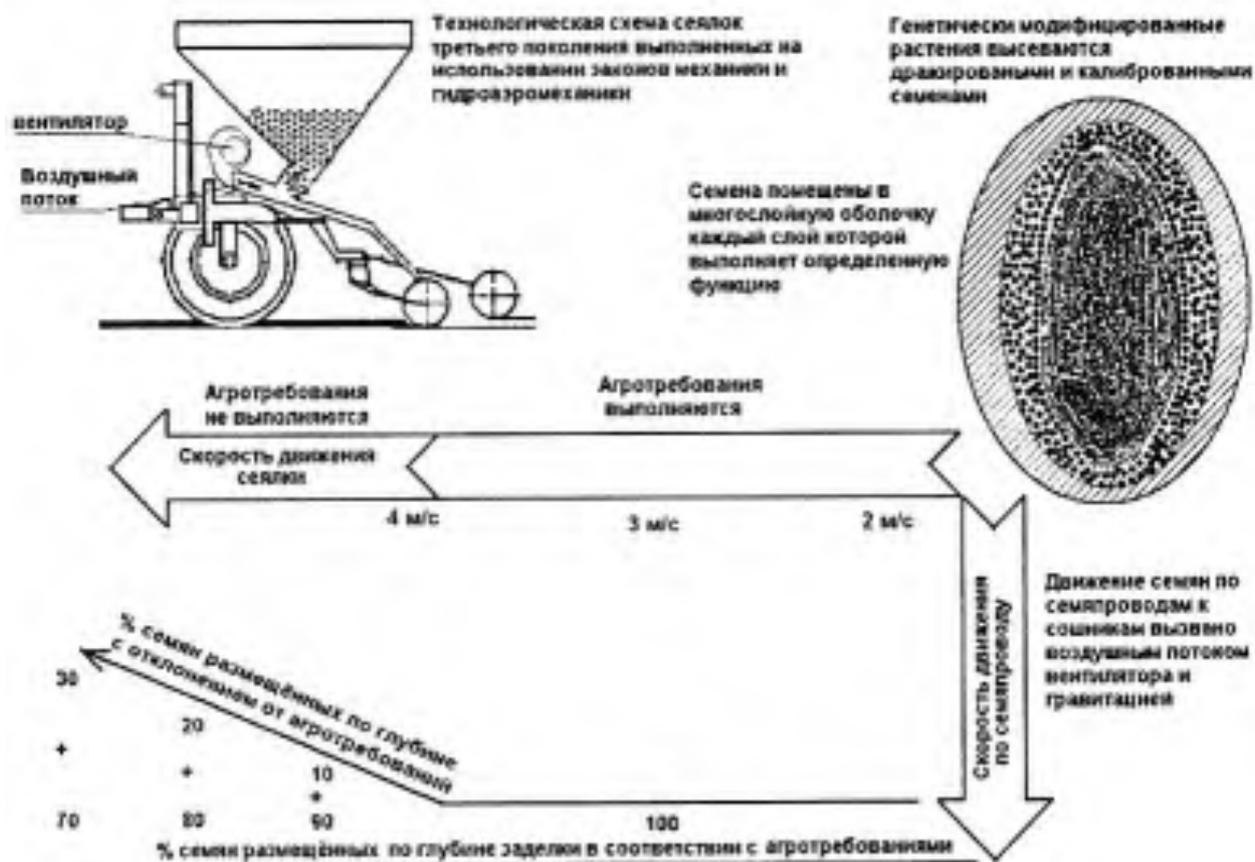


Рисунок 1.3 – Схема и принципы развития посевных машин третьего поколения

Скорость последнего увеличивают по отношению к той, которая реализована на машинах второго поколения. В результате появляется возможность пропорционально увеличить скорость движения посевного агрегата с целью повышения его производительности, но в этом случае используют семена генетически модифицированных растений, помещенные в защитную оболочку. Для дражирования используют качественные семена с высокой энергией роста и всхожестью более 90%.

Третье поколение посевных машин отличается от второго более широким применением информационных технологий. Принципиальное отличие — максимальная автоматизация, осуществляемая на уровне комплексов, каждый из которых состоит из множества автоматизированных модульных цифровых систем, объединенных одной операционной средой. Таковую посевную технику производят, глубоко модернизируя современные машины, применяемые для минимальной обработки почвы.

Усовершенствование заключается в автоматизации управления всеми процессами, что позволяет при помощи программного моделирования виртуально проектировать работу посевного агрегата в офисе, а затем загружать разработанный сценарий в его компьютерные системы. После этого комплекс осуществляет запрограммированные технологиями операции, предоставляя отчёт об их выполнении в режиме реального времени. Сбои или нарушения в работе агрегата устраняются с места в кабине либо из офиса, если оператор посевного комплекса не вносит изменения путём корректировки загруженной программы.

1.1.2 Энергетический фактор в развитии посевных машин

Рассматривая концепции развития посевной техники, авторы работы [1] недостаточно принимают во внимание энергетическую оценку в развитии и работе посевных машин, связывая ее с энергетическим кризисом 1973 года, который повлиял на развитие и других отраслей народного хозяйства некоторых стран, в частности на работу и развитие транспорта.

В работе [104] установлено, что тяговое сопротивление R_M посевных машин постепенно увеличивается (рис.1.4), что связано, в основном, с увеличением скорости движения посевных агрегатов, как показано в [1].

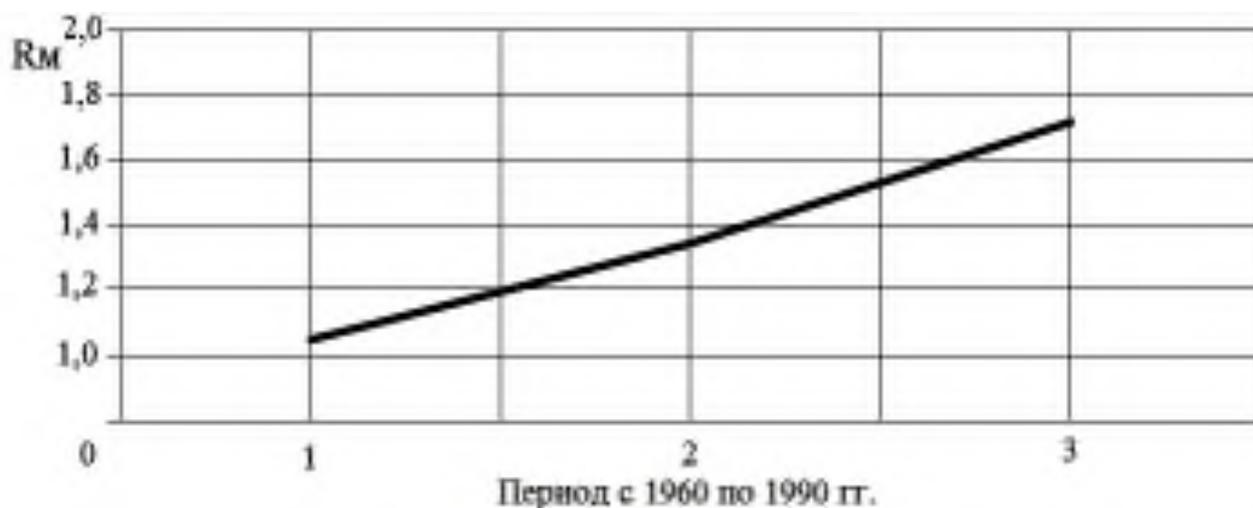


Рисунок 1.4 – Рост удельного тягового сопротивления посевных машин в процессе развития и применения

Значение R_M за период работы и развития посевных машин первого и второго поколений (за 30 лет) выросло в среднем с $R_M = 1,045 \text{ кН/м}$ в 1960 году до $R_M = 1,72 \text{ кН/м}$ в 1990 году, то есть более, чем на 60%, хотя ранее считалось, что тяговое сопротивление не изменяется от скорости движения посевной машины [55]. Экстраполируя зависимость, мы можем ожидать от машин третьего поколения аналогичных показателей, или даже нелинейного прироста тягового сопротивления. При этом очевиден количественный характер развития посевной техники.

Следовательно, для компенсации роста тягового сопротивления и уменьшения энергетических и стоимостных расходов на посевные работы, необходимо изыскивать технические решения, на основе которых возможно достичь одновременного пропорционального снижения расходов, то есть необходимо обусловить качественный характер развития посевной техники.

Кроме того, не учитываются и другие физические принципы, заложенные в новых конструкциях, хотя в настоящее время созданы высевающие аппараты и системы с энергетикой процесса на порядки ниже, чем в рассматриваемых по [1]. Новые устройства отличаются моральной новизной, а также более предрасположены к дигитализации, в отличие от представленных по концепциям.

Поэтому вышесказанное, а также недостатки существующих высевающих аппаратов и систем обуславливают необходимость поиска и совершенствования новых видов высевающих аппаратов и систем с иными принципами работы для соответствия современным требованиям и технологиям.

1.2. Использование вибрации в высевающих аппаратах и системах

Вибрация - один из видов колебательных процессов. Под нею понимают механические колебания с периодом, значительно меньшим промежутка времени, на котором рассматривается движение системы, и амплитудой, значительно меньшей характерного размера системы.

Долгое время вибрация рассматривалась, в основном, как вредный фактор - причина поломок, аварий, а также производственных заболеваний. И лишь в начале прошлого столетия начинается период бурного развития вибрационной техники, без которой сейчас немислим ряд важных производств. Область использования механических колебаний (вибраций) в различных отраслях народного хозяйства весьма многогранна. Внедрение вибрационных методов обработки способствует интенсификации различных процессов, повышает уровень механизации и автоматизации многих трудоемких процессов. Вибрационная обработка в различных технологиях является новым, прогрессивным направлением, возможности которого и область применения еще не полностью выявлены [26, 65].

Поэтому разработка и внедрение вибрационных, резонансных методов в энергоемких сферах производства, в том числе и в СХП, является важной составной, частью совершенствования энергоэффективных технологий [6].

1.2.1 Влияние вибраций на величину сил трения

Вибрация позволяет получать заданные физико-механические свойства обрабатываемого материала. Наиболее эффективным является использование механических колебаний при обработке сыпучих материалов, поскольку вибрационное воздействие на зернистый слой заставляет его изменять свои физико-механические свойства в довольно широких пределах. Это обстоятельство позволяет использовать данный эффект для качественного осуществления различных технологических операций в сельском хозяйстве. В то же время, существующий уровень теоретической проработки вопросов взаимодействия зернистого материала с вибрирующими рабочими органами, а также его поведение при таком взаимодействии не объясняет всего многообразия наблюдаемых явлений.

Влияние вибраций на силы трения при воздействии рабочего органа на обрабатываемый материал только начинает изучаться, и успехи, достигнутые в этом направлении, пока недостаточны. Такое влияние является основной причиной снижения или повышения сопротивления вибрирующих рабочих органов, так как при вибрировании происходит перераспределение диссипативных сил. Скорость контактных частиц обрабатываемого материала относительно поверхности орудия при вибрации может возрастать или уменьшаться, вследствие чего уменьшится или увеличится коэффициент трения материала. Кроме того, при вибрации обрабатываемый материал подвергается разрыхлению или дополнительному уплотнению, или одновременно тому и другому, но на разных участках, а это может привести к изменению некоторых его физико-механических характеристик.

Сыпучесть семян можно охарактеризовать углом естественного откоса и внутреннего трения, причем угол естественного откоса зависит не только от трения, но и от упора одной частицы о другую, от уплотнения частиц и других причин. Угол внутреннего трения зависит, в основном, от структурного состояния сыпучего тела и от качества поверхности семян.

Анализ проведенных исследований показывает, что существует единое мнение о том, что вибрация уменьшает угол естественного откоса, а увеличение ускорения вибрации уменьшает коэффициент внутреннего трения.

Уменьшение угла естественного откоса сыпучего тела, находящегося в состоянии вибраций, происходит так, как если бы происходило уменьшение коэффициента внутреннего трения, что описывается мнимым коэффициентом внутреннего трения [60].

Поэтому при вибрации материала с определенной частотой и амплитудой снижается величина сил трения между отдельными частицами, материал становится более разрыхленным, подвижным и «текучим». При таком его состоянии семена имеют возможность равномерно проходить через калиброванные отверстия.

Принцип вибрационной интенсификации истечения потока материала основан на ослаблении структурных связей между частицами сыпучего

материала и разрушении свода, образующегося над выпускным отверстием емкости. Сыпучие материалы в состоянии вибрации начинают вести себя как вязкие жидкости. При этом, чем мельче материал, тем больше такое сходство. Наблюдаемое свойство и поведение материала в импульсном поле сил с успехом может быть использовано для высева различных сельскохозяйственных культур. Сообщая массе семян колебательное движение с высокой частотой и малой амплитудой, добиваются свободного и равномерного истечения их из емкости. Таким образом, использование вибраций дает резкое качественное изменение процесса высева.

1.2.2 Конструкции вибрационных высевающих аппаратов и систем

Одним из перспективных направлений, которые могут быть использованы при создании и совершенствовании высевающих аппаратов и систем, по мнению многих исследователей [14, 28, 49, 56, 70, 71, 98, 142] является использование различных вибрационных и импульсных методов в процессе формирования исходного потока посевного материала. Использование вибрации при высеве посевного материала было положено для разработок многих типов вибрационных высевающих аппаратов.

Преимущество вибрационного высева перед остальными способами заключается в следующем:

- высокочастотные колебания делают высевающую систему более устойчивой к внешним факторам;
- создаются достаточные условия для разрушения связей между отдельными элементами материала;
- изменение частоты и амплитуды колебаний в широких диапазонах с помощью простых устройств позволяет значительно изменить режим вибрации и, следовательно, количество перемещаемой массы;
- вибрация может быть вызвана механическим, пневматическим, гидравлическим, электромагнитным способами [14, 66-68, 77, 142].

Вибрационные высевающие аппараты обеспечивают равномерный высев, возможность высева семян с различными физико-механическими свойствами, низкую повреждаемость семян. Они с одинаковым успехом могут быть использованы для получения как минимальных, так и максимальных норм высева [14, 52, 87, 140].

Отсутствие вращающихся частей, контактирующих с посевным материалом, дополнительных механических передач между приводным двигателем и рабочими органами для осуществления рабочего процесса, простота конструкции и ее высокая надежность также являются основными преимуществами использования вибраций в высевающих аппаратах и системах. Такие аппараты менее металлоемки и рассчитаны на более высокую скорость работы агрегатов, также они отличаются достаточно высокой точностью высева семян [19, 20].

В отношении агротребований, в работах [29, 130] отмечается, что комбинированный вибрационный высевательный аппарат обеспечивает более равномерное распределение семян и туков в рядке при различных нормах их посева. Лучшие показатели по равномерности распределения гранул удобрений и растений в рядках обеспечивают повышение урожайности до 12%. Той же урожайности, что и у растений, посеянных катушечным аппаратом, посева, произведенные комбинированным вибрационным аппаратом, достигают при меньшей норме посева, что позволяет экономить посевной материал.

Как показали лабораторные и полевые исследования, вибровсевательные аппараты дают лучшие результаты работы в сравнении с катушечными и другими высевательными аппаратами.

Конструктивно-технологические схемы вибрационных аппаратов проще схемы катушечного аппарата со сложной технологией изготовления его деталей [70]. Несмотря на различия в конструкциях, вибрационные высевательные аппараты работают по единому принципу, основанному на принудительном прохождении посевного материала через высевные отверстия, размещенные в дне корпуса вибрационного или нижней части трубы вибрационного штангового высевательного аппарата при их колебаниях [30].

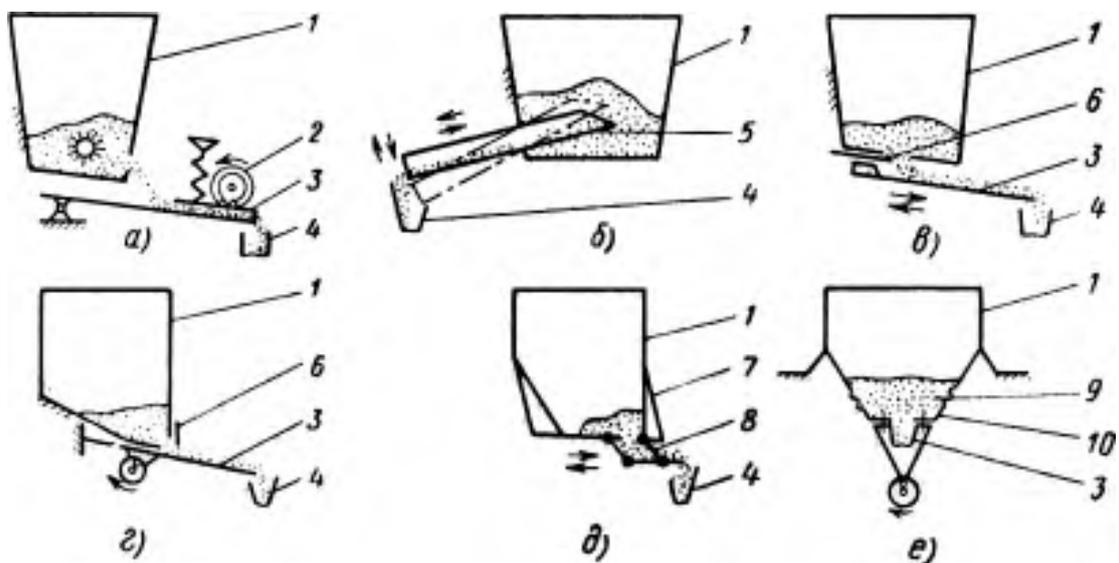
Вибрационный высевательный аппарат с механическим приводом обычно оборудован лотком, присоединенным гибкими подвесками к бункеру. В дне лотка выполнены выпускные отверстия, размер которых изменяют, перемещая заслонки или устанавливая сменные накладки с отверстиями различного размера [8]. Лоток приводится в колебательное движение эксцентриковым механизмом. Семена за счет интенсивного колебания лотка совершают скользящее движение по поверхности накладки, проходят через отверстия и непрерывным потоком поступают в семяпроводы. Норму посева можно регулировать, изменяя амплитуду колебаний и размеры высевательных отверстий.

Принципиальные схемы вибрационных высевательных аппаратов и систем чрезвычайно разнообразны [15, 25, 28, 31, 61, 109, 110, 122, 134]. Наряду с простейшими конструкциями в виде коробки с прикрепленной к ней вибровозбудителями, созданы двух и многомассовые устройства, позволяющие увеличить степень динамической уравновешенности системы, комбинированные устройства, представляющие собой сочетание сводообрушающего и дозирующего устройства, которые в большей степени соответствуют требованиям бесперебойного и дозированного выпуска посевного материала [98].

На рис.1.5 представлена классификация вибрационных высевательных аппаратов, согласно работе [14].

Рассмотрим несколько примеров конструкций вибрационных высевательных аппаратов и систем, причем упор будет сделан на реализованные или испытанные модели.

Вызывает интерес применение вибрационных устройств при посеве мелкосеменных овощных культур.



1 - бункер; 2 - храповик; 3 - лоток; 4 - воронка; 5 - трубка; 6 - заслонка; 7 - подвеска; 8 - регулятор нормы высева; 9 - гибкая связь; 10 - дно с отверстием

Рисунок 1.5 - Схемы вибрационных высевующих аппаратов конструкции: а - В.А. Желиговского; б - Н. Е. Кудрявцева; в - Н.В. Антонова; г - Н.В. Сегеды; д - А.С. Бойко и В.А. Скользаева; е – экспериментальной

Поэтому перспективным остается направление повышения равномерности посева семян овощных культур за счет создания и внедрения в производство новых конструкций высевующих аппаратов.

На кафедре сельскохозяйственных машин ХНТУСХ им. П. Василенко разработан вибрационно-дисковый высевной аппарат (рис.1.6, 1.7), который обеспечивает на основе дозированной групповой подачи семян формирование непрерывного односеменного потока [56, 57, 106-108, 129].

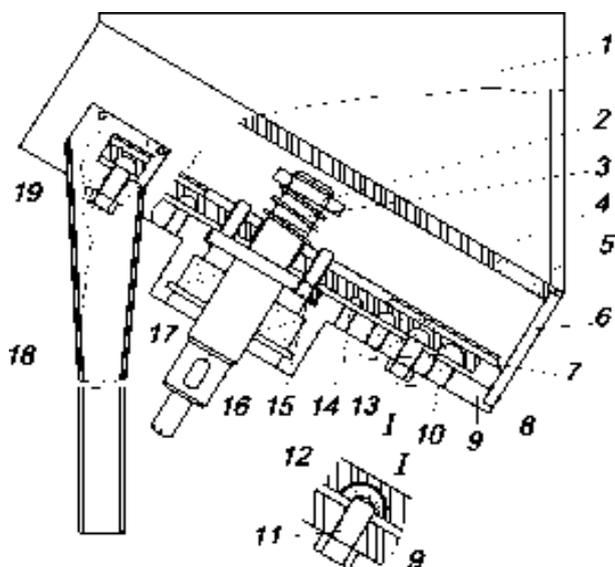


Рисунок 1.6 - Конструктивная схема вибрационно-дискового высевующего аппарата (обозначения в тексте)

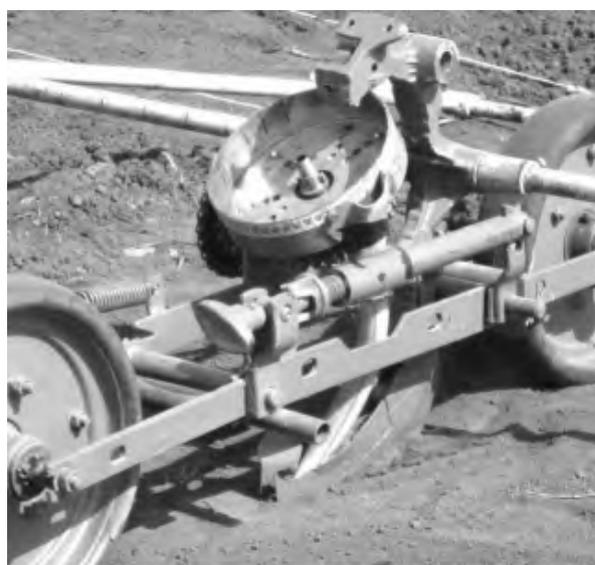


Рисунок 1.7 – Общий вид экспериментальной посевной секции с вибрационно-дисковым высевующим аппаратом

Экспериментальный вибрационно-дисковый высевной аппарат включает наклоненную к горизонту банку цилиндрической формы 6 с боковым окном 19 для выброса семян в семяпровод 18. В нижней части банки 6 установлена основа 9, в которой по концентрическим кругам выполнены отверстия 10 разного диаметра с резьбой. В отверстиях 10 монтируются сменные опоры 13, которые включают болт 11 и опору сферической формы 12.

В основе 9 на подшипнике 17 установлен приводной вал 16 с прижимным устройством, которое состоит из гайки 2 и пружины 3. Свободно на штырях 15 приводного вала 16 установлены промежуточный диск 8 и высевающий диск 7 с канавкой по периферии. На нижней стороне промежуточного диска 8, по концентрическим кругам, выполнены ячейки 14 разной глубины. Количество ячеек 14 на каждой окружности одинаково и соответствует частоте колебаний высевающего диска 7 для посева разных семян. Для изменения частоты колебаний высевающий аппарат комплектуется сменными промежуточными дисками 8 с разным количеством ячеек 14 на каждой окружности. К банке 6 в верхней части прикрепляется бункер 1 для семян, который включает делитель 4 с переменным дозировочным отверстием 5.

Во время работы высевающего аппарата приводной вал 16 вращает высевающий диск 7 и промежуточный диск 8. Промежуточный диск 8 скользит ячейками 14 по опорам сферической формы 12 и приводит в колебательное движение высевающий диск 7 относительно штырей 15. Семена из бункера 1, через дозировочное отверстие 5 делителя 4, попадают на высевающий диск 7. Под воздействием колебаний высевающего диска 7 семена заполняют клинообразный канал. При вращении высевающего диска 7, за счет сил трения, семена поднимаются к боковому окну 19, выстраиваясь в один ряд и попадают далее в семяпровод 18.

Вибрационно-дисковый высевной аппарат во время исследований устанавливался на экспериментальной посевной секции (см. рис.1.7). За основу конструкции посевной секции принята секция свекловичной сеялки ССТ-12Б.

Во время посева экспериментальная сеялка с вибрационно-дисковым высевным аппаратом обеспечила надежную работу и стабильный посев семян разных овощных культур.

Различные варианты конструкций и рабочего процесса вибрационных аппаратов и систем для посева малосыпучих семян мелкосеменных культур и овощных культур предлагают авторы работ [24, 53, 117, 134], рис.1.8.

Высевающий аппарат содержит бункер для семян 1, две стенки которого выполнены в виде равнобедренных треугольников с отогнутыми наружу под прямым углом кромками 7 для крепления упругой прокладки 6 в зоне контакта неподвижной и подвижной частей бункера и две - в виде равнобоких трапеций, причем одна из трапециевидных стенок подвижна и выполняет функцию вибродозатора 2, а нижняя кромка неподвижной стенки также отогнута наружу под прямым углом для крепления упругой прокладки 6, заполняющей пространство между подвижной и неподвижной частями бункера, образующегося при работе аппарата, причем на средней части нижней кромки

прокладка отсутствует - это необходимо для образования высевной щели при работе аппарата. Все стенки расположены под углами к горизонтальной плоскости, в полтора - два раза большими, чем угол естественного откоса семян. Вибродозатор 2 крепится к бункеру при помощи шарниров 5 и приводится в движение шатуном 4 при вращении кривошипа 8. Шатун 4 крепится к подвижной стенке бункера шарниром 3.

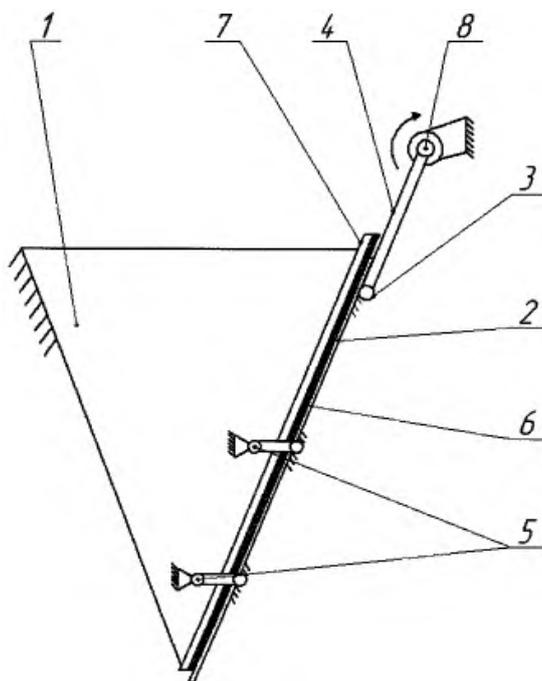


Рисунок 1.8 – Вибрационный высевающий аппарат с механическим приводом (обозначения в тексте)

Предлагаемый высевающий аппарат работает следующим образом. При вращении кривошипа 8 стенка 2 бункера для семян 1 совершает сложное движение, сочетающее возвратно-поступательное с криволинейной траекторией. При движении стенки 2 вверх ширина щелевого окна вместе с зазором между подвижной и неподвижной частями бункера уменьшаются до полного перекрытия высевной щели, когда наступит момент прекращения высева. Затем при движении стенки вниз этот зазор увеличивается, между вибродозатором 2 и отогнутыми наружу кромками бункера возникает пространство, которое заполняет упругая прокладка, закрепленная на отгибах кромок стенок, граничащих с вибродозатором. Высевная щель между подвижной 3 и неподвижной частями бункера 1 образуется при движении подвижной стенки 3 бункера 1 вниз за счет отсутствия прокладки на середине отогнутой нижней кромки стенки бункера. Открытие высевной щели максимально при нахождении шарниров в положении, когда их длинные оси параллельны горизонтальной плоскости. Норма высева может регулироваться изменением величины перемещения подвижной стенки 3, изменением частоты ее колебаний, а также изменением ширины высевной щели и угла наклона стенок бункера к горизонтальной плоскости.

Аппарат обеспечивает экономичный расход мелкосеменного материала с минимальным повреждением.

Другие авторы [40, 71] считают, что более перспективным направлением для повышения урожайности и снижения материальных и энергетических затрат, является исследование и разработка технологического процесса многоструйного вибрационного высева с использованием высевающих аппаратов, рабочие процессы которых основаны на формировании потока семян путем сочетания свободного и вынужденного их истечения за счет низкочастотных колебаний слоя семян. Эти аппараты более универсальны, по сравнению с существующими, позволяют вносить минеральные удобрения, формировать равномерные потоки семян, отличающихся по физико-механическим свойствам, а также дешевле в изготовлении. На рис.1.9 изображен общий вид высевающего аппарата, согласно [40].

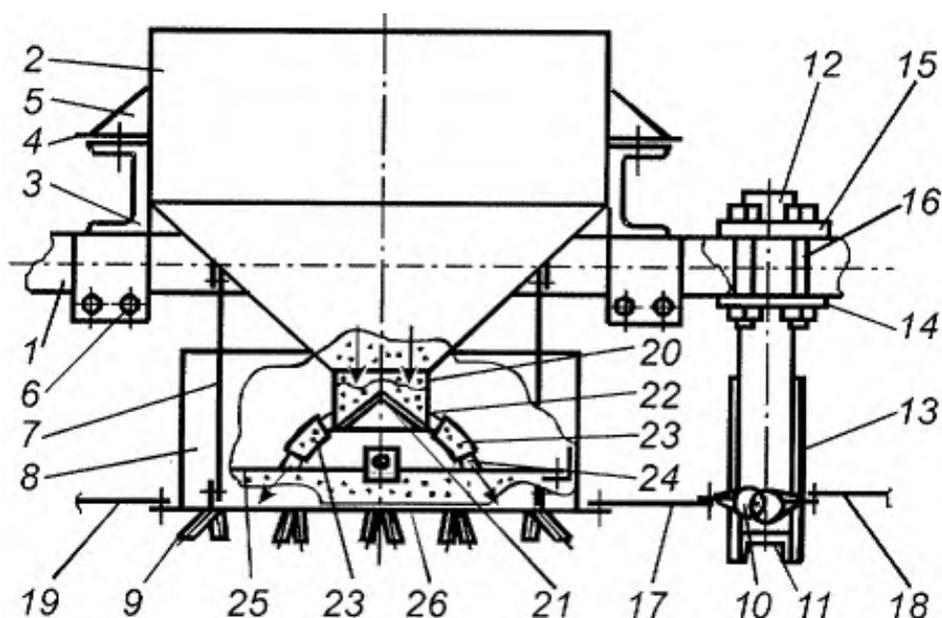


Рисунок 1.9 – Многоструйный вибрационный аппарат (обозначения в тексте)

Вибрационный высевающий аппарат сеялки и содержит раму 1, на которой закреплен бункер 2 посредством кронштейна 3, для чего к бункеру приварены пластины 4, усиленные косынками 5. Крепление бункера 2 к кронштейну 3 и кронштейна к раме 1 осуществляется болтовыми соединениями 6. К бункеру 2 снизу через гибкие подвески 7 присоединяется высевающее устройство 8 прямоугольной формы с наконечниками семяпроводов 9. Привод 10 высевающего устройства смонтирован на горизонтальной полке 11, приваренной к вертикальному кронштейну 12 и усиленной косынками 13. Кронштейн 12 привода 10 закреплен на раме 1 посредством верхней 15 и нижней 14 накладок, приваренных к кронштейну болтовым соединением 16. Передача колебаний от привода 10 к левому высевающему аппарату 8 и

правому (ввиду симметричности правый аппарат не показан) осуществляется посредством шатунов 17 и 18, а от левого к последующим - шатуном 19. Колебания всех левых и правых высевающих аппаратов выполняется в противофазе. К противоположным стенкам нижней горловины 20 бункера 2, примыкающих к скатам козырька 21, прикреплены наконечники 22, к которым присоединены резиновые шланги 23. Вторые концы шлангов закреплены в трубках 24, которые установлены в перегородке 25, расположенной над дном и параллельно дну 26 корпуса высевающего устройства 8. Перегородка 25 крепится к боковым и торцевым стенкам корпуса высевающего устройства 8 с помощью уголков. Уголки присоединены к стенкам корпуса высевающего устройства, в том числе и к торцевой стенке винтами.

На горизонтальные полки уголков устанавливается перегородка 25 и закрепляется винтами. Чтобы обеспечить плотное без зазоров прилегание сплошной перегородки 25 к стенкам корпуса высевающего устройства 8, в ней у краев обеих ее осевых линий выполнено четыре выреза, а также четыре отверстия под винты. В перегородке 25 вдоль большой ее оси посередине между малой осью и торцевыми стенками корпуса, симметрично относительно малой оси, выполнены два отверстия, в которых закреплены наконечники в виде трубок 24, а на трубки надеты резиновые шланги 23. Вторыми концами резиновые шланги 23 присоединены к другим наконечникам 22, последние прикреплены к стенкам нижней горловины 20 бункера 2, в которых выполнены окна.

В стенках нижней горловины 20 бункера 2, примыкающих к скатам двухскатного козырька 21, с помощью отверстий присоединяются винтами наконечники 22 шлангов 23. Нижние края окон и примыкающие к ним скаты двухскатного козырька 21 горловины бункера 2 имеют полукруглую форму.

Рабочий процесс высевающего аппарата протекает следующим образом. Засыпанные в бункер 2 семена за счет своей сыпучести поступают в нижнюю горловину 20 и двухскатным козырьком 21 делятся на два потока (на рис.1.9 показано стрелками). Каждый из этих потоков через окна, выполненные в стенках нижней горловины 20 бункера 2 и наконечники 22, прикрепленные к этим стенкам, поступают в резиновые шланги 23 и далее через трубки 24 - во внутреннюю полость высевающего устройства 8. Самопроизвольное заполнение полости высевающего устройства семенами будет происходить до тех пор, пока вершины горок семян не достигнут перегородки 25. При включении привода 10 высевающего устройства за счет его колебаний произойдет выравнивание материала и дальнейшее его поступление из бункера 2 будет до тех пор, пока верхний слой семян не достигнет перегородки 25.

В процессе работы аппарата семена из высевающего устройства 8 через его высевные отверстия, наконечники семяпроводов 9 и семяпроводы (на схеме не показаны) будут поступать в бороздки, образованные сошниками, и заделываться почвой.

Уровень семян в высевающем устройстве будет поддерживаться за счет их поступления самотеком из бункера. Одинаковый режим колебаний семян, поступающих из бункера через трубки, установленные в перегородке и семян в высевающем устройстве устраняет возможное переуплотнение слоя колеблющихся семян в высевающем устройстве при постоянном их уровне.

Постоянный уровень семян в высевающем устройстве, определяемый установленной перегородкой 25, будет обеспечивать одинаковые условия для равномерного их высева через все высевные отверстия. Эти условия будут сохраняться и при работе сеялки на полях с пересеченным рельефом местности.

Предложенный вибрационный высевающий аппарат за счет конструктивного изменения позволяет расширить функциональные возможности сеялки и обеспечить качественный высев семян вне зависимости от рельефа засеваемого поля.

На рис.1.10 изображен вибрационный высевающий аппарат (система) для широкополосного и сплошного посева, а на рис.1.11 - поперечные сечения трубки по осям компенсационных отверстий на одной половине трубки по ее длине (А-А) и на другой половине (Б-Б) [145].

Вибрационный высевающий аппарат включает бункер 1, дозатор 2, семяпровод 3, трубку 4, горизонтально размещенную поперек движения сеялки, направление которого указано стрелкой V. На нижней части трубки 4 выполнены основные рассеивающие отверстия 5, расположенные в ряд по всей длине трубки. Выше ряда основных отверстий 5 размещены компенсационные отверстия 6 на передней стенке трубки, на половине ее длины, и компенсационные отверстия 7 на задней стенке трубки 4 на второй половине длины последней.

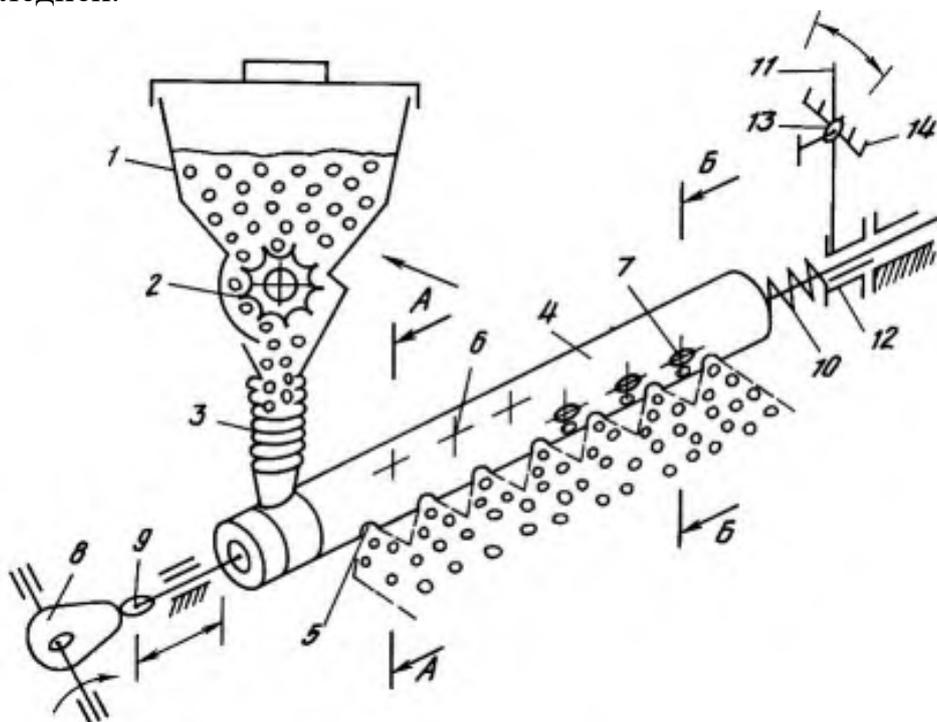


Рисунок 1.10 - Вибрационный высевающий аппарат (система) для широкополосного и сплошного посева (обозначения в тексте)

Механизм привода трубки в возвратно-поступательное движение состоит из кулачка 8, ролика 9 и возвратной пружины 10. Механизм поворота трубки 4 вокруг продольной оси состоит, например, из рычага 11, шлицевой втулки 12, фиксатора 13 и указательной шкалы 14.

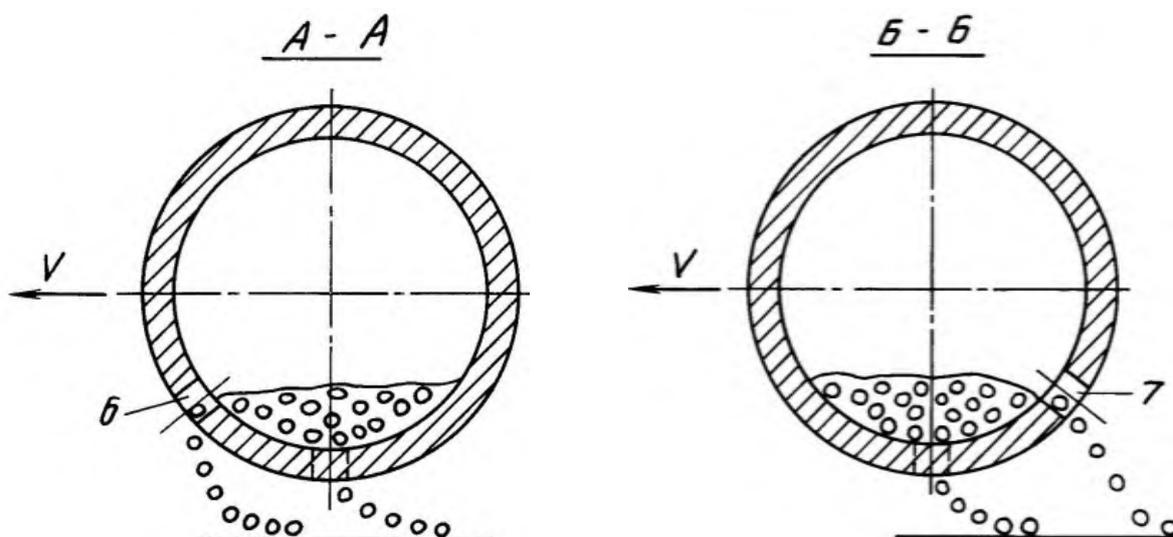


Рисунок 1.11 - Поперечные сечения трубки по осям компенсационных отверстий на одной половине трубки по длине (А-А) и на другой половине (Б-Б)

Вибрационный высевающий аппарат работает следующим образом. Из бункера 1 дозатором 2 семена перемещаются в семяпровод 3 и далее в трубку 4. За счет возвратно-поступательного движения последней под действием кулачка 8, ролика 9 и пружины 10 происходит вибротранспортировка семян по всей длине трубки 4, при этом ее объем заполняется на некоторую высоту, зависящую от производительности дозатора и пропускной способности отверстий 5...7. Наибольшее количество семян просеивается через ряд основных отверстий 5, расположенных в нижней части трубки 4.

При вибротранспортировке семян вдоль трубки 4 возникает интерференция в слое семян за счет наложения отраженной волны от закрытого торца трубки на волну, идущую со стороны подачи семян от семяпровода 3. Внутри трубки 4 появляются пучности в виде локального повышения уровня семян, через основные отверстия 5 и компенсационные 6 или 7, примыкающие к пучности, просев увеличивается, что приводит к неравномерности рассева семян по длине трубки. Оценка неравномерности рассева проводится при настройке сеялки путем пробных заездов со сбором семян в специальный лоток, подвешиваемых под трубку 4, либо в процессе выполнения посева по прибору, оценивающему интенсивность истечения семян через левую и правую половины трубки.

При увеличении рассева семян на одной половине трубки 4, например ближней к месту подачи семян от семяпровода 3, освобождают фиксатор 13 и посредством рычага 11 через шлицевую втулку 12 осуществляют поворот трубки 4 вокруг продольной оси таким образом, чтобы компенсационные отверстия 6,

расположенные на передней стенке трубки 4, поднялись полностью или частью сечения над уровнем семян внутри трубки. На этой половине трубки расход семян (просев) уменьшится. При постоянном расходе семян, задаваемом дозатором 2, оставшиеся семена вибротранспортировкой переместятся в другую половину трубки 4 и просеиваются через основные отверстия 5 и компенсационные отверстия 7, причем последние опускаются ниже уровня семян в трубке при подъеме отверстий 6. Если при работе высевающего аппарата просев увеличивается на второй половине трубки по сравнению с первой, то поворот трубки на ограниченный угол выполняют в противоположном направлении. После достижения равномерного рассева по всей длине трубки 4 фиксатором 13 закрепляют повернутое положение относительно указателя 14, при этом за счет шлицевой втулки 12 сохраняется возможность свободного колебательного движения трубки 4 вдоль ее продольной оси.

Оси компенсационных отверстий 6 и 7 расположены в поперечных плоскостях, лежащих между осями основных рассеивающих отверстий 5, что повышает равномерность рассева при включении отверстий в работу.

Предлагаемый вибрационный высевающий аппарат обеспечивает точное соблюдение нормы высева семян и хорошее качество сплошного посева при равномерном размещении основных рассеивающих отверстий по длине трубки. Аппарат обеспечивает также хорошее качество широкополосного посева при размещении основных рассеивающих отверстий группами по длине трубки в соответствии с заданной схемой посева.

Однако, несмотря на преимущества вибровысева и разнообразие конструкций высевающих аппаратов и систем, предлагаемые технические решения по применению в посевных машинах вибрации посредством механических устройств практического применения не нашли широкого распространения, так как исследования проводились, как правило, в лабораторных условиях без учета всего многообразия факторов, определяющих в производственных условиях технологический процесс механизированного посева зерновых культур, оставались недостаточно изученными технико-экономические показатели предлагаемых посевных машин [102].

1.2.3 Применение звуковых и ультразвуковых колебаний в высевающих аппаратах и системах

Повышение эффективности существующих и реализация новых технологий посева возможно на основе применения ультразвуковых колебаний. Обусловлено это тем, что ультразвуковые колебания оказывает влияние практически на все известные процессы.

В данном случае имеет значение снижение сил трения в слое посевного материала под воздействием ультразвуковых колебаний. В исследованиях [94], установлено, что сила трения в результате воздействия ультразвуковых колебаний может снижаться в 2,0...2,3 раза (рис.1.12).

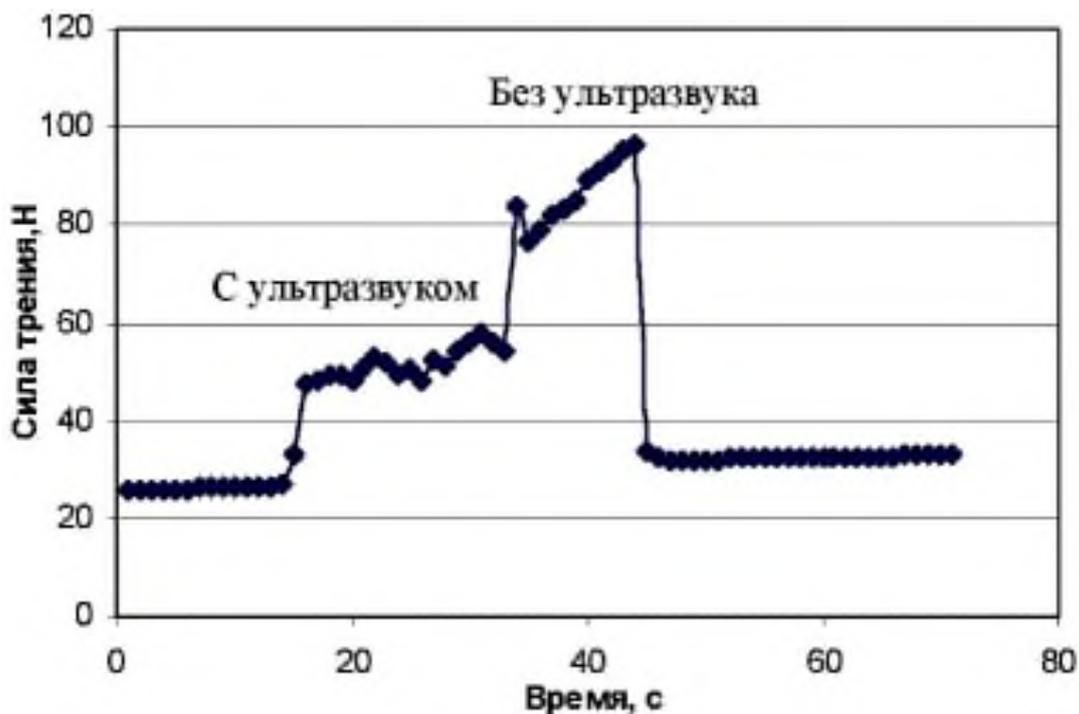


Рисунок 1.12 - Влияние ультразвука на силу трения

В работе [5] отмечается, что с развитием теории авторезонансных машин появилась возможность разработать инновационные технологии, позволяющие настраивать вибрационные и, в частности, ультразвуковые технологические машины в авторезонансные режимы. Такая настройка гарантирует максимальную эффективность функционирования машины с учетом обратного воздействия на нее обрабатываемой среды.

Ультразвуковые машины образуют особую группу в классе вибрационных машин. Их динамические особенности обусловлены тем, что они работают в диапазоне ультразвуковых частот 20...60кГц.

Показано, что наиболее эффективными режимами являются виброударные процессы. В настоящее время создаются высокоэффективные ультразвуковые технологические устройства.

Такие устройства предполагается строить по единому принципу с максимальным использованием одинаковых основных блоков, к которым относятся ультразвуковой авторезонансный генератор и ультразвуковая колебательная система (что может быть использовано для активации истечения технологических материалов, в том числе и семян в процессе работы высевающей системы).

Предварительные результаты показывают возможность многократного снижения мощности и металлоемкости машин при повышении производительности, КПД и экологической безопасности.

В работе [47] предлагается устройство для обеспечения равномерного высева несыпучих семян при минимальных нормах, посредством придания семенам большей сыпучести. С этой целью в стенке корпуса предлагаемого высевающего аппарата у входа семян в катушку установлен источник звуковых колебаний (рис.1.13).

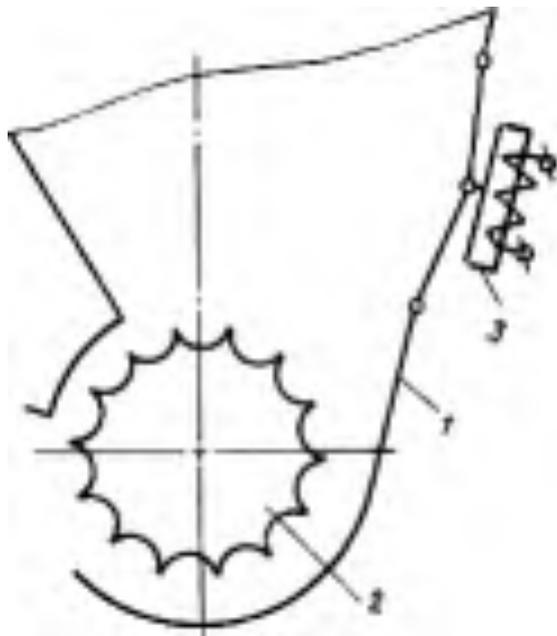


Рисунок 1.13 – Звуковой активатор истечения посевного материала высевающего аппарата (обозначения в тексте)

Аппарат состоит из корпуса 1, катушки 2 и источника 3 звуковых колебаний электромагнитного типа (звукогенератора), расположенного над входом семян к катушке.

Аппарат работает следующим образом. Звуковые колебания, исходящие от звукогенератора 3, приводят семена в хаотическое движение относительно друг друга, в результате чего резко повышается их текучесть, и они свободно проходят к катушке 2, захватываются ею и подаются в семяпровод.

Регулирование нормы высева производится, как и у существующих катушечных аппаратов, изменением рабочей длины катушки и ее оборотов.

1.2.4 Виброволновые принципы работы посевных машин

Одним из возможных подходов к современным технологическим процессам (ТП) в обработке сельскохозяйственного сырья, в том числе и посевного материала, является разработка и создание интегральных технологий с применением машин с мягкими, деформированными, неметаллическими, гибкими рабочими органами (НГРО), которые работают на волновых и вибрационно-волновых принципах. Кратко это можно сформулировать в виде трех направлений, которые реализуют создание принципиально новых сельскохозяйственных машин [146]:

- разработка и создание интегральных технологических процессов с совместимым протеканием ряда технологических операций в одной машине;
- разработка СХМ, которые отличаются от известных тем, что с целью сохранения биологической ценности сельскохозяйственного сырья при переработке и совмещении ряда технологических операций, рабочие

органы таких машин изготавливаются из мягкого неметаллического материала (например, полимеров и биополимеров) в форме емкости или канала и обеспечиваются механизмами деформации рабочего органа, которые управляются источниками волнового и вибрационного воздействия с помощью ЭВМ или программного устройства. Механизмы деформации рабочего органа кинематически связаны с ним и размещены таким образом, чтобы предоставить ему необходимую геометрическую форму, которая реализует волновой или виброволновой принципы взаимодействия рабочего органа с обрабатываемым сырьем;

- разработка принципов согласования работы СХМ, которые отличаются от известных тем, что с целью передачи машине новых или универсальных возможностей, упрощения ее переналадки на новые режимы и согласования ее работы с другими машинами, согласования работы во времени и пространстве производятся не на механическом, а на высших уровнях, например, электрическом или электронном. Третье направление является неотъемлемой частью второго.

Предложенные новые принципы согласования работы машин в наиболее широком смысле этого слова представляют собой для сельскохозяйственного машиностроения основу наиболее естественного и органического метода разработки надежных и совместимых машин, как при их совместной работе в единой технологической линии или разнообразных технологических линиях, так и при переходе на новые технологические режимы. Машины с такими свойствами относятся к машинам нового поколения, в которых механика, кроме системы управления и регулирования в обычном смысле, подкреплена "интеллектом" в виде ПК с соответствующим программным обеспечением. Подобное объединение свойств относит эти машины к новой или достаточно молодой сейчас науке – мехатронике [74, 147].

Способы волнообразования позволяют на НГРО технологических машин для обработки сельскохозяйственных материалов и сырья образовывать волны необходимых форм, направлений, параметров и длительностей. Это позволяет производить в таких машинах разнообразные технологические процессы обработки сельскохозяйственных материалов.

1.3 Электротехнологии в работе высевальных систем

Здесь предполагается использование новейших технологий и технических средств на основе физико-технических методов применения электроэнергии в посевных машинах.

В свое время сообщалось об аппаратах, основанных на использовании электростатического поля, связанного, как известно, с необходимостью наличия высоковольтного оборудования в полевых условиях [48]. Преимуществом таких систем могла быть управляемость процесса во время выполнения технологического процесса при работе в условиях СТЗ.

1.3.1 Вепольное направление развития высеваящих систем

Обратимся к динамическим законам развития технических систем в отношении технических средств АПК [105]. Они включают законы, отражающие развитие современных технических систем под действием конкретных технических и физических факторов, а также процессы функционирования и развития систем.

"Динамика" отражает главные тенденции развития технических систем, именно в наше время. Здесь привлекает внимание закон увеличения степени вепольности: «Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности» [2, 128].

Статистический анализ технических решений показал, что для повышения эффективности технических систем их структура должна быть выполнена определенным образом. Модель такой структуры называется веполем.

Веполь - минимально управляемая техническая система, состоящая из двух взаимодействующих объектов и энергии их взаимодействия. Термин «ВеПоль» произошел от слов "Вещество" и "Поле" [23].

Взаимодействующие объекты условно названы веществами и обозначаются « V_1 и V_2 », а энергия взаимодействия - полем и обозначается « Π ».

Вепольный анализ включает в себя определенные правила и тенденции. Эти тенденции и подчиняются закону увеличения степени вепольности [58, 59].

Смысл этого закона заключается в том, что невепольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет в направлении перехода от механических полей к электромагнитным; увеличения дисперсности веществ и числа связей между элементами», что соответствует рассматриваемой тенденции, согласно которой электромагнитные поля получают широкое распространение в техническом обеспечении АПК.

Авторы работы [76] определяют такие технические средства, как использующие дополнительные внешние поля.

Отметим, что электроэнергия обладает наиболее высокой способностью ее простого преобразования в другие виды энергии, большой концентрацией в единице объема и массы электроустановок, легкой делимостью по виду, мощности и напряжению, гибкой управляемостью и передачей на расстояние, высокой гигиеничностью и сохранностью окружающей среды. В связи с этими свойствами существующие технологии по мере возможности заменяются на электротехнологии, в которых рабочим органом может быть непосредственно электрическая энергия, напряжение, ток, электромагнитное поле и т.п. [10, 138].

1.3.2 Электромагнитные высеваящие аппараты

При посеве электромеханическими аппаратами электричество служит, в основном, для привода рабочих органов, а механика выполняет основную работу по захвату и транспортированию семян. Однако возможны варианты конструктивного исполнения аппаратов, в которых электричество улучшает

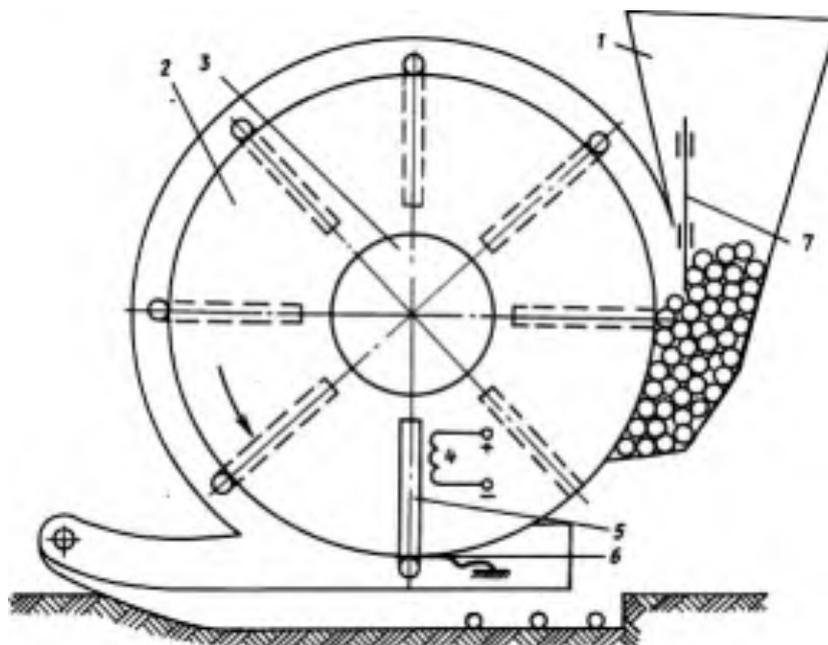
условия захвата семян и выноса их из семенной камеры механическими устройствами [109].

Принцип работы посевных машин с такими электромагнитными высевальными аппаратами следующий. Семена из бункера поступают в зону действия кругового коронирующего электрода, сообщаящего им отрицательный заряд. На изолированном высевальном диске равномерно по окружности расположены пальцы со шляпками, заряженными положительно. Отрицательно заряженный посевной материал, попадая на диск, притягиваются к положительно заряженным шляпкам пальцев. При этом каждый палец захватывает по одному семени. При вращении диска семена, дойдя до заземленного сбрасывателя, отделяются от шляпок пальцев и попадают в борозду.

Такой аппарат универсален, его не нужно переналаживать для посева семян различных культур: менять диски, сверлить отверстия разного диаметра и количества. Здесь не играют роли ни размеры семян, ни их форма и масса. Шаг посева регулируют изменением количества съемных пальцев на дисках и частотой вращения дисков. Не требуются также сбрасыватели и выталкиватели семян, что обеспечивает их сохранность, целостность при посеве [114].

В настоящее время разработано значительное количество различных конструкций магнитных и электромагнитных высевальных аппаратов, как однозерновых, так и формирующих непрерывный поток следующих друг за другом семян (щелевых, фрикционно-конусных, барабанных и дисковых и др.) [42, 43, 76, 92].

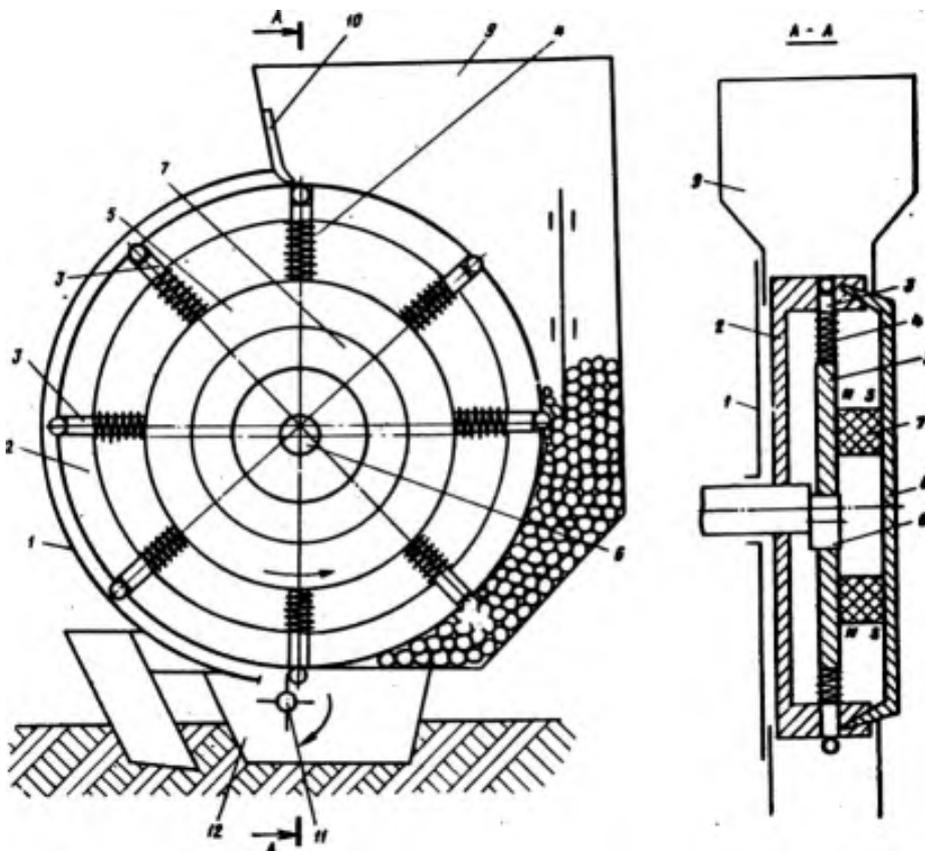
Рассмотрим конструкции электромагнитного (рис.1.14) и магнитного аппаратов (рис.1.14) для пунктирного посева [43, 76, 92].



1 - бункер; 2 - высевальный диск; 3 - вал; 4 - электромагнит;
5 - ферритные сердечники; 6 - сбрасыватель, 7 - заслонка

Рисунок 1.14 - Электромагнитный высевальный аппарат

Принцип действия аппарата заключается в следующем. Семена, находящиеся в бункере 1, обрабатываются специальным составом с ферритным порошком по технологии дражирования. Высевающий диск 2, вращаясь на валу 3, отбирает семена из бункера 1, притягивая их магнитным полем, создаваемым ферритными сердечниками 5 электромагнита 4, которые установлены с предельным шагом. В нижней части аппарата в зоне высева сбрасыватель 6 снимает семена с диска, и они падают в борозду. Заслонкой 7 регулируется расход посевного материала из бункера 1.



- 1 - корпус; 2 - диск; 3 - ферромагнитные сердечники; 4 - пружины;
 5 - магнитопровод; 6 - приводной вал; 7 - постоянный магнит; 8 - неподвижный магнитопровод; 9 - бункер; 10 - чистик; 11 - сбрасыватель; 12 – сошник

Рисунок 1.15 - Магнитный высевающий аппарат

Работает аппарат следующим образом. При вращении диск 2 семена, покрытые ферромагнитным порошком, под действием магнитных силовых линий притягиваются к рабочим торцам сердечников 3 и выносятся из зоны заполнения бункера 9, постепенно втягиваясь вместе сердечниками 3 в отверстия диска 2. В верхней части диска лишние семена счищаются чистиком 10, а в отверстиях остается лишь одно зерно. Внизу семена сбрасываются в почву лопастным сбрасывателем 11, работающим синхронно с диском 2. Размеры, число лопастей и скорость лопастного сбрасывателя 11 подобраны так, чтобы каждая лопасть касалась семени лишь в момент подхода сердечника 3 к выгрузному окну.

Испытания электромагнитного аппарата показали, что высевающий диск может работать при линейной скорости до 1,5м/с, что в 5...10 раз больше, чем у обычных аппаратов, при полном отсутствии дробления семян. Но пунктирность высева оказалась лишь на уровне 80...86% и значительно зависела от режима работы аппарата.

Несколько лучшими оказались результаты, когда сердечники были выведены не на цилиндрическую поверхность, а в кольцевую конусную канавку, проточенную на диске. Но в этом случае пунктирность высева удалось довести лишь до 90...95%.

Для повышения точности посева семян и эффективности использования магнитного высевающего аппарата предлагается следующее решение [93].

На рис.1.16а изображена конструктивная схема магнитного высевающего аппарата, а на рис.1.16б - электрическая схема высевающего аппарата.

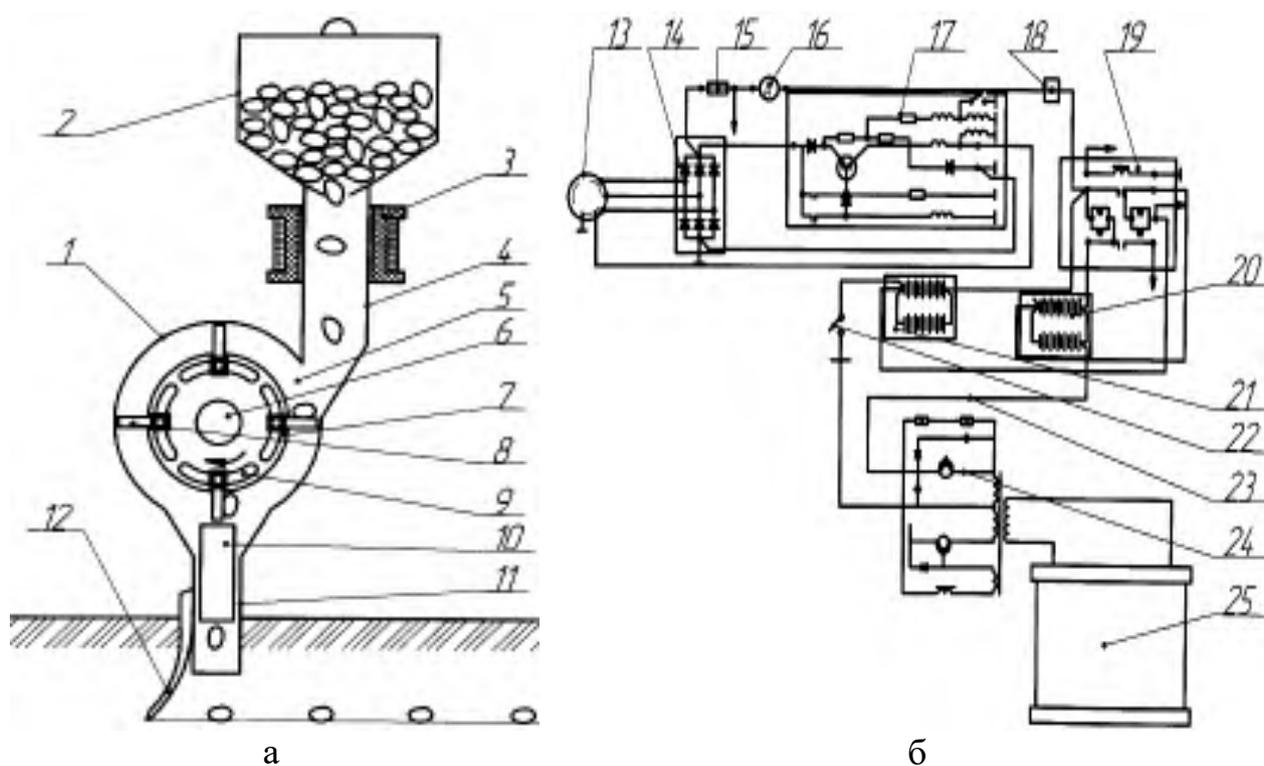


Рисунок 1.16 – Магнитный высевающий аппарат:

а - конструктивная схема; б – электрическая схема (обозначения в тексте)

Аппарат содержит корпус 1, семенной ящик 2, электромагнитное зарядное устройство 3, семяподводящий 4 и семяотводящий 11 каналы, семяприемную камеру 5. Внутри корпуса 1 расположен приводной вал 6, на котором установлен высевающий диск 7, на ободе которого закреплены крепежными деталями пластины постоянного магнита 8. Расстояние между пластинами постоянного магнита 8 можно регулировать перемещением их по пазам 9 в ободе высевающего диска 7 в зависимости от агротехнических требований к посеву для отдельно взятой сельскохозяйственной культуры. Лопастный семябрасыватель 10 расположен в семяотводящем канале 11

корпуса 1. На конце семяотводящего канала 11 установлен бороздообразующий рабочий орган 12.

Электрическая схема подключения зарядного устройства к источнику тока включает в себя генератор 13, выпрямитель 14, предохранитель 15, амперметр 16, реле регулятор 17, панель соединения 18 на передней стенке кабины трактора, переключатель аккумуляторных батарей 19; правую 20 и левую 21 группы аккумуляторных батарей, включатель аккумуляторных батарей 22; токопроводы 23; преобразователь напряжений 24 и электромагнитное зарядное устройство 25.

Магнитный высевающий аппарат работает следующим образом. Семена из семенного ящика 2 поступают внутрь электромагнитного зарядного устройства 3 и на поверхности семян накапливаются электрические заряды. Переменный электрический ток, вырабатываемый электрооборудованием трактора, от генератора 13 поступает в выпрямитель 14, где преобразуется в постоянный электрический ток. Постоянный электрический ток, проходя через предохранитель 15, амперметр 16, реле регулятора 17, панель соединения 18 на передней стенке кабины трактора, переключатель аккумуляторных батарей 19, поступает на правую 20 и левую 21 группы аккумуляторных батарей. Далее, при помощи включателя аккумуляторных батарей 22 и токопроводов 23 постоянный электрический ток поступает к преобразователю напряжения 24. Преобразователь напряжения 24 преобразовывает напряжение 12-24В в напряжение 220В и постоянный электрический ток подается по токопроводам 23 на электромагнитное зарядное устройство 25. Далее заряженные семена поступают по семяподводящему каналу 4 в семяприемную камеру 5 и прижимаются к высевающему диску 7, на ободе которого закреплены крепежными деталями пластины постоянного магнита 8. Захваченные семена перемещаются по семяприемной камере 5 за счет вращения приводного вала 6 и подводятся к лопастному семябросователю 10, расположенному в семяотводящем канале 11. Расстояние между пластинами постоянного магнита 8 регулируется перемещением их по пазам 9 на ободе высевающего диска 7 в зависимости от агротехнических требований к посеву для отдельно взятой сельскохозяйственной культуры.

Лопастный семябросователь 10 перемещает семена в зону их посева, и они падают вниз под действием силы тяжести по семяотводящему каналу 11 в бороздку почвы, образованную бороздообразующим рабочим органом 12.

Таким образом, за счет расположения пластин постоянного магнита с одинаковым шагом по длине окружности оси пазов на ободе высевающего диска повышается равномерность распределения семян в бороздке почвы и точность их посева. Кроме того, изменением количества пластин постоянного магнита, можно обеспечить соблюдение агротехнических требований к посеву для различных сельскохозяйственных культур и тем самым повысить эффективность использования магнитного высевающего аппарата.

Магнитный высевающий аппарат практически может применяться на сеялках при посеве семян всех сельскохозяйственных культур.

Существующие механические высевальные аппараты односеменного высева ячеистого типа требуют предварительной калибровки семян. Кроме того, высевать плоские вытянутые по длине семена, например, салата, огурцов затруднительно. При высевах такими аппаратами семена могут повреждаться. Необходимость в наборе высевальных дисков приводит к увеличению металлоемкости машины и трудоемкости в ее изготовлении и обслуживании.

В известных электромагнитных высевальных аппаратах семена притягиваются под действием электрических сил к наэлектризованным пластинам. Коснувшись пластин, семена получают одинаковый с ними заряд и отталкиваются от них. Вместе с тем семена при выходе из этих аппаратов в процессе падения и удара о дно борозды перераспределяются.

На рис.1.17а,б показана конструктивная схема высевального аппарата для устранения указанных недостатков и осуществления более равномерного и устойчивого высева некалиброванных семян различных культур [44].

В предлагаемом аппарате электроды высевального диска покрыты электроизолирующим слоем, препятствующим стеканию электрического заряда с семян. Кроме того, для эффективного и устойчивого процесса электризации семян с целью заборки и переноса их к месту выброса, использовано поле коронного заряда, а высевальный диск может быть установлен без зазора с дном борозды. Перекачиваясь в процессе работы по дну борозды, он вдавливая семена в почву, чем устраняется падение, а вместе с ним и перераспределение семян.

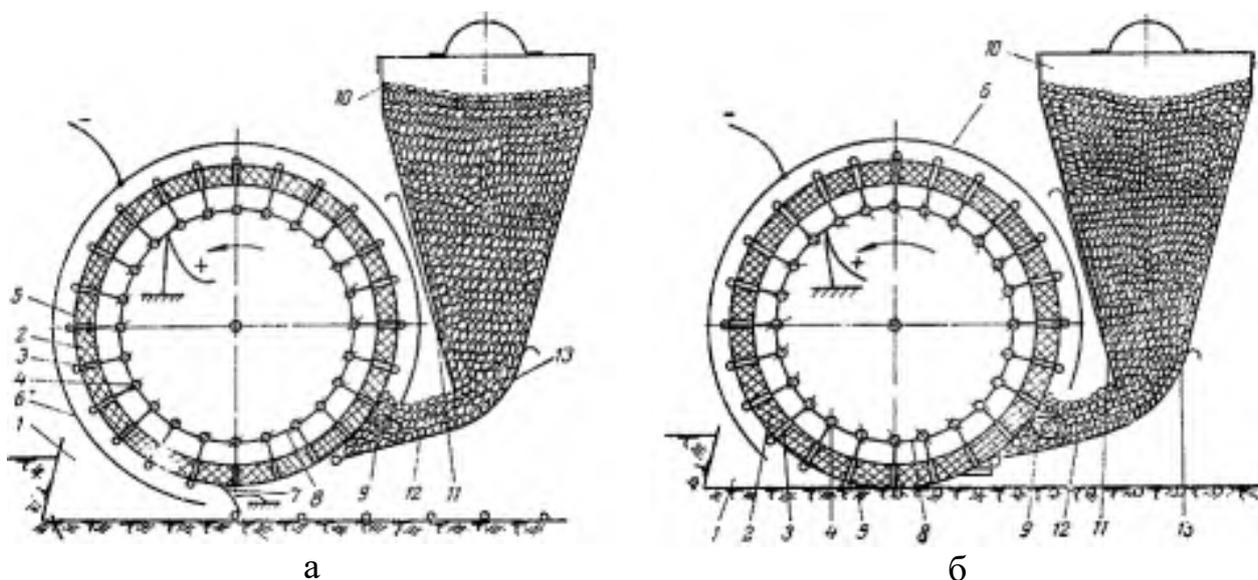


Рисунок 1.17 – Электромагнитный высевальный аппарат для посева некалиброванных семян: а – схема аппарата; б – схема рабочего процесса аппарата (обозначения в тексте)

Высевальный аппарат состоит из сошника 1, высевального диска 2 из материала-диэлектрика, на поверхность которого выведены металлические точечные электроды 3, соединенные с зарядными контактами 4 и покрытые

электроизолирующим слоем 5, проволочного коронирующего электрода 6, заземленного сбрасывателя 7, распределительного кольца 8, ворошителя 9, бункера 10, заслонки 11, заборной камеры 12 и откидного дна 13.

Электроизолирующий слой 5 равномерно покрывает всю цилиндрическую поверхность высевающего диска и предназначен для предотвращения стекания заряда с семян при контакте с точечными электродами диска. Коронирующий электрод расположен над точечными электродами высевающего диска по окружности от места забора семян до места их выброса. Сбрасыватель семян строго в одной определенной точке имеет криволинейную форму для направления семян на дно борозды, открываемой сошником. Для нейтрализации остаточного заряда, то есть снятия сил притяжения, сбрасыватель заземлен. Для устранения сводообразования в заборной камере установлен вращающийся ворошитель. Откидное дно предназначено для опорожнения высевающего аппарата.

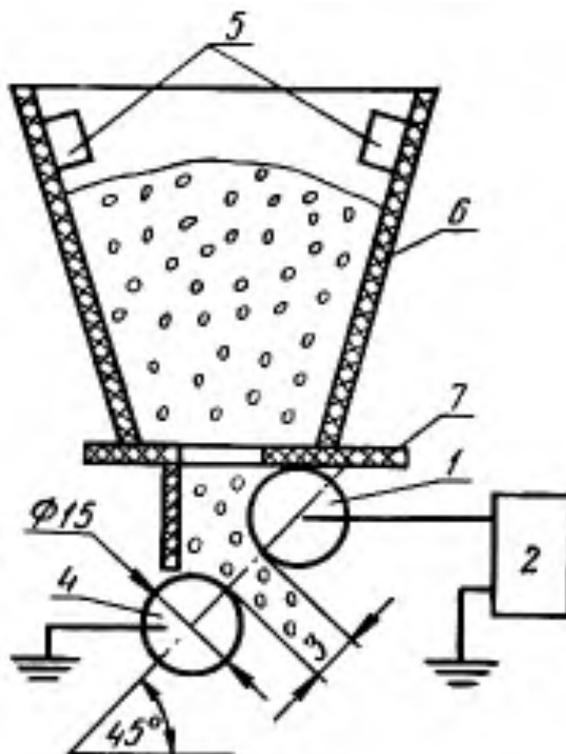
Один из полюсов источника напряжения подключается непосредственно к коронирующему электроду, а второй — к точечным электродам высевающего диска через распределительное кольцо и зарядные контакты.

Высевающий аппарат работает следующим образом. Семена из бункера под действием собственного веса поступают в заборную камеру, уровень семян в которой регулируется заслонкой. Высевающий диск с расположенными на нем точечными электродами, покрытыми электроизолирующим слоем, вращается в электрическом поле коронного разряда, образующегося между коронирующим проволочным электродом и точечными электродами диска, к которым подключен источник напряжения. Семена в заборной камере действием электрического поля коронного разряда электризуются и притягиваются к точечным электродам диска, покрытым электроизолирующим слоем, препятствующим стеканию заряда с семян, и удерживаются на них под действием сил притяжения разноименных электрических зарядов. В процессе работы аппарата электрическое поле коронного разряда подзаряжает семена. Диск забирает электродами семена и переносит их при вращении в нижнюю точку аппарата, где действие электрического поля коронного разряда прекращается и семена удаляются с диска заземленным сбрасывателем, нейтрализующем их заряд. Ворошитель устраняет образование сводов в заборной камере и способствует лучшему забору семян точечными электродами диска. Лишние семена в процессе высева осыпаются обратно в заборную камеру под действием собственного веса. Норма высева устанавливается изменением скорости вращения диска и числом подключенных с помощью зарядных контактов на распределительном кольце точечных электродов.

В случае, когда низ диска располагается на уровне дна сошника (рис.1.17б), диск забирает электродами семена и переносит их при вращении на дно борозды, открываемой сошником, по которому перекачивается диск. Действие электрического поля коронного разряда прекращается, и семена остаются вдавленными в почву, нейтрализующую их заряд.

В отношении формирования непрерывного потока посевного материала, то есть в высевающих аппаратах для рядовых культур, анализ результатов экспериментальных исследований [144] показывает, что расход гравитационного потока сыпучего материала можно регулировать в широких пределах с помощью электрического поля.

Разработанный экспериментальный аппарат щелевого типа схематически представлен на рис.1.18.



1,4 – электроды; 2 – высоковольтный источник; 3 – семяпровод;
5 – микровибраторы; 6 – бункер; 7 – механический затвор

Рисунок 1.18 – Схема высевающего аппарата щелевого типа с регулированием расхода посевного материала электрическим полем

Рабочий орган аппарата выполнен в виде параллельных цилиндрических электродов 1 и 4 длиной 170мм, установленных под бункером 6, который изготовлен из электроизоляционного материала. Электроды 1 и 4 соединены с высоковольтным источником 2. Последний включает в себя высоковольтный анодный трансформатор ТВ1-16-220-50, выпрямительный блок и переключатель для питания электродов постоянным током или переменным током промышленной частоты.

В верхней части бункера установлены два микровибратора 5 суммарной мощностью 8Вт. Микровибраторы выполнены в виде реле напряжения с самоблокирующимися контактами. В зависимости от конечной цели под электродами располагают семяпровод 3 или приемную емкость для посевного материала. Экспериментальный аппарат оборудован также механическим затвором 7 для перекрытия гравитационного потока.

Принцип работы аппарата следующий. Посевной материал поступает из бункера 6, на электродах 1 и 4 устанавливается определенное напряжение от источника 2. Под действием электрического поля семена, находящиеся в межэлектродном пространстве, ориентируются и образуют цепочки, которые начинаются на одном электроде и заканчиваются на другом. Наличие цепочек увеличивает внутреннее трение в объеме семенного материала и уменьшает его расход через щель, то есть через межэлектродное пространство.

Исследование работы электрифицированного аппарата на семенах табака показывает, что с помощью электрического поля расход можно уменьшить до значений, соответствующих норме высева при заданной скорости движения посевной машины.

Результаты исследований гравитационного истечения и формирования исходного потока сыпучих материалов в электрическом поле указывают на возможность применения щелевого электрифицированного аппарата для разбросного посева мелких семян.

1.3.3 Электропривод рабочих органов высевающих систем

Как показывает опыт применения электрических передач, на их основе возможна реализация гибкой компоновки и упрощение кинематических связей. Они также более предрасположены к автоматизации и плавному регулированию и оказываются экономически целесообразными в применении с активными рабочими органами даже при использовании нерегулируемого привода [54, 62].

Согласно работе [139], электропривод расширит возможности техники. Через несколько лет электропривод в СХТ будет распространённым явлением в Европе и Северной Америке. Небольшие электромоторы, питаемые от батареи или генератора, будут контролировать функции, которые ранее обеспечивал механический или гидравлический привод. Например, электропривод дает новые возможности в эксплуатации посевного оборудования: высокоскоростное измерение количественных показателей посева, регулировку скорости процесса, засев одной полосы земли двумя видами семян одновременно.

В настоящее время мобильный электропривод является общемировым трендом, например в автомобилестроении. В сельскохозяйственной технике необходимость в электроприводе выросла в связи с тем, что технические средства становятся сложнее и производительнее, увеличиваются функциональные возможности и, соответственно, необходим развитый поток мощности с ее минимальными потерями, так как механический привод слишком усложняется, а у гидравлического привода недостаточный КПД.

По расчетам специалистов, повсеместная электрификация должна начаться после окончательной разработки и внедрения двигателей стандарта Tier-4, хотя первые попытки предпринимаются уже сейчас. Испытания показывают, что электродвигатели обеспечивают лучший пусковой момент, более плавное ускорение и лучшее торможение, кроме того экономия топлива составляет более 20% [137].

В настоящее время существует целый ряд высевальных аппаратов, содержащих в своей конструкции сочетание дозирующих и приводных элементов с использованием для работы различных видов энергии (механической, электрической, пневматической) [142]. Эти аппараты (электромеханические, пневмоэлектрические, пневмомеханические, пневмоэлектромеханические) можно объединить в разряд комбинированных [37].

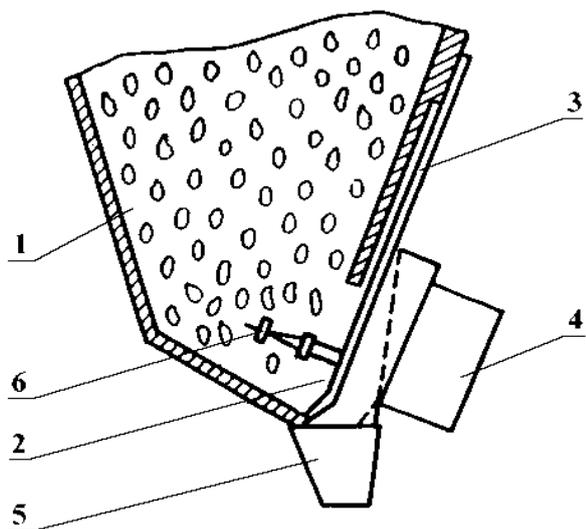
В электромеханических аппаратах электричество служит, в основном, для привода рабочих органов, а механика выполняет основную работу по захвату и транспортированию семян. Однако возможны варианты конструктивного исполнения аппаратов, в которых электричество улучшает условия захвата семян и выноса их из семенной камеры механическими устройствами. В пневмоэлектрических аппаратах различные электрические устройства выполняют вспомогательные функции. При помощи этих устройств задаются различные режимы работы аппарата. Основную же функцию по захвату, удержанию и транспортированию семян выполняет пневматика [109].

При выборе и расчете параметров механической части таких высевальных устройств в качестве основных параметров указываются: режим движения материала на колеблющейся плоскости, соотношение частот вынужденных и собственных колебаний, углы наклона траектории колебаний, соотношение масс подвижной и неподвижной частей аппарата, упругие элементы и т.п. При этом не увязываются перечисленные параметры с параметрами электромагнитного вибропривода [149].

Все же практика показывает, что совмещение вибродозирующего элемента с электроприводом является рациональным. Это нашло отражение в широком спектре устройств, получивших название вибродискретных высевальных аппаратов [103, 143].

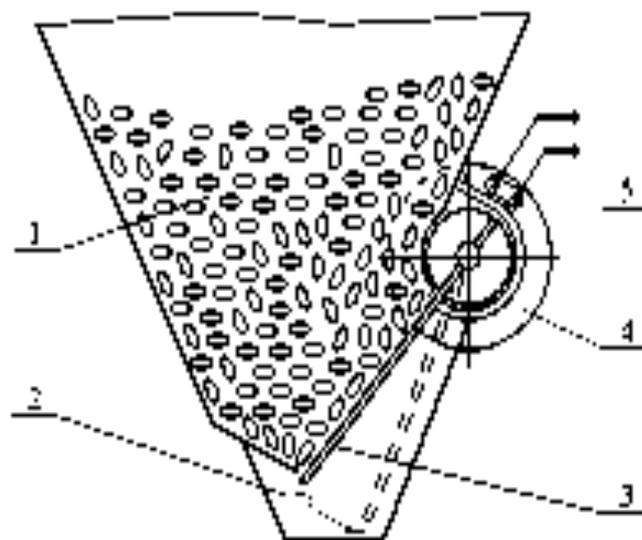
Наиболее известной конструкцией данного вида высевальных устройств является высевальная система Сухина (ВСС) [136], рис.1.19, 1.20.

Технологический процесс дозирования высевального аппарата с электромагнитным приводом следующий: с помощью вибрирующей заслонки 3 и закрепленного на ней активатора 6, семена в бункере у заслонки находятся в псевдосжиженном состоянии, после подачи кратковременного сигнала от блока управления на электромагнит 4, вибрирующая заслонка 3 притягивается электромагнитом 4 и открывает щель 2, происходит свободное истечение порции семян из бункера в семяпровод. В зависимости от нормы высева и скорости движения, величина длительности импульсов, а также их частота изменяются по определенной программе, заложенной в блоке управления электромагнитами. Порционный зерновой поток в семяпроводе преобразуется в равномерный. Данные аппараты обеспечивают достаточно высокую стабильность и равномерность высева зерновых культур, а также порционный и гнездовой посев некоторых пропашных. Аппараты не повреждают посевной материал и легко перестраиваются на различные нормы высева.



1 - бункер; 2 - щель; 3 - заслонка;
4 - электромагнит; 5 - семяпровод;
6 - активатор

Рисунок 1.19 - Схема
электромагнитного
вибродискретного аппарата.



1 – семенная камера; 2 – воронка;
3 – заслонка; 4 – электропривод;
5 – проводники

Рисунок 1.20 - Схема
электроимпульсного высевального
аппарата

В усовершенствованном виде ВСС представлена в работе [34]. Для повышения надежности рабочего процесса, снижения энергоемкости системы и расширения технологических возможностей путем высева различных по крупности семян предлагается схема ВСС на рис.1.21.

Высевающая система включает бункер 1 с щелевым окном для семян 2 и дозатор 3. Последний содержит затвор 4, выполненный в виде пружины, закрепленной консольно. Затвор 4 управляется электромагнитом 5. Свободный конец затвора размещен над коллекторной пластинкой 6, установленной в нижней части щелевого окна 2 бункера 1. Между замещенным концом затвора и полюсами электромагнита 5 установлены криволинейные направляющие отклонения затвора 7, выполненные из упругого материала и ограничивающие угол отклонения затвора. Величина и форма кривизны направляющих 7 задается упорными винтами 8 из условия максимального копирования тяговой характеристики упругих и инерционных сил воздействующих на затвор на всем протяжении его перемещения.

Свободная кромка затвора 4 с небольшим зазором примыкает к сменной коллекторной пластинке 6 с несколькими стоками 9, представляющими собой калиброванные окна в тонкой пластине. Форма, размеры и число стоков зависят от вида семян и диапазона высева. Электромагниты 5 установлены на криволинейных направляющих затвора. Обмотки электромагнита подключены к выходу программно-усилительного блока 10, выполненного в виде таймера в комбинации с дискретным усилителем мощности и служащего для расширения до заданной величины запускающего импульса датчика 11 скорости, связанного

с опорным колесом сеялки 12. Высевающая система снабжена датчиком 13 контроля работы затвора 4. Датчик 13 электрически связан с программно-усилительным блоком 10 через блок формирования импульсов 14 и ключевой усилитель 15. При этом усилитель 15 имеет выход на контрольно-сигнальный блок 16, снабженный звуковой и световой сигнализацией. К нижней части дозаторов 3 примыкают семяпроводы 17.

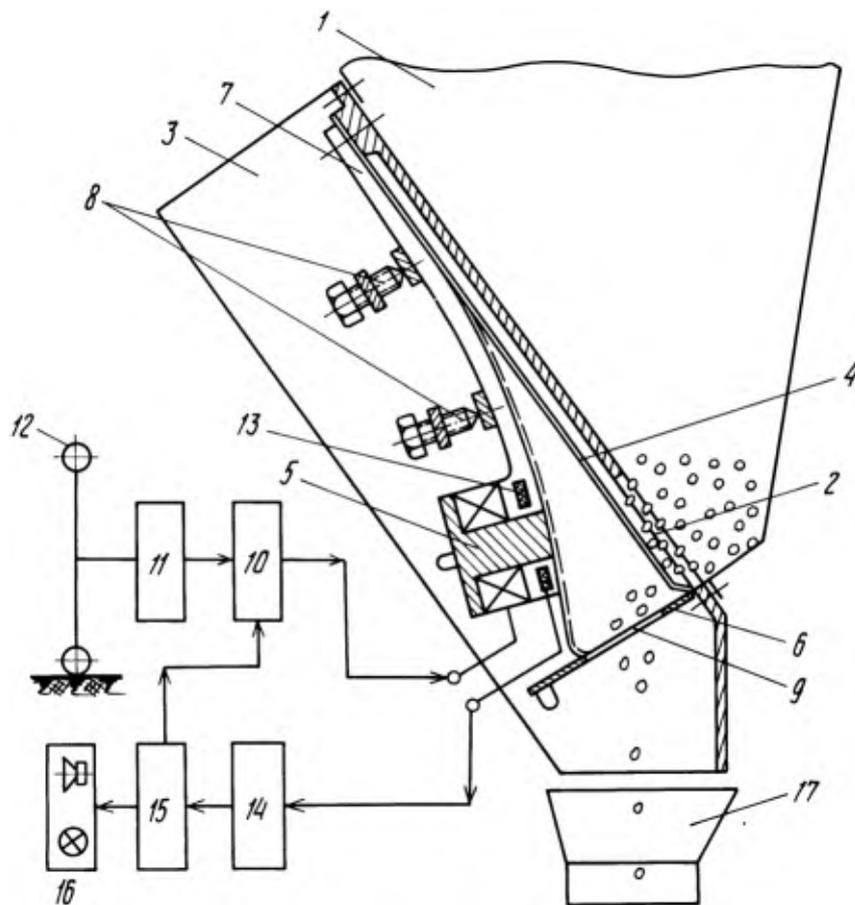


Рисунок 1.21 – Принципиальная схема усовершенствованной ВСС (обозначения в тексте)

Устройство работает следующим образом. По командам, поступающим от опорного колеса 12, импульсный сигнал датчика 11 скорости поступает на запускающий вход программно-усилительного блока 10. В зависимости от нормы высева в блок 10 предварительно вводится соответствующий цифровой код, чем обеспечивается поступление в обмотку электромагнита 5 управляющих импульсов требуемой длительности (чем больше длительность, тем больше норма высева). Под действием электромагнита 5 затвор 4 с частотой датчика 11 отклоняется притягиваясь к криволинейной направляющей 7, открывая окно 2 и семена за счет сил гравитации перемещаются в истоко-стокое пространство дозатора 3. За каждый цикл, часть накопленных в этом пространстве семян выпадает через стоки 9 коллекторной пластины 6 в семяпровод 17. Через короткое время наступает динамическое равновесие между давлением семян, накопленных в стоковом пространстве дозатора и

упругими силами затвора 4. При отключении электромагнита 5 затвор возвращается в исходное положение, перекрывая окно 2 бункера 1. Поскольку свободные концы затворов примыкают с небольшим зазором к коллекторным пластинам, осуществляется самоочистка стоков 9 от инородных включений.

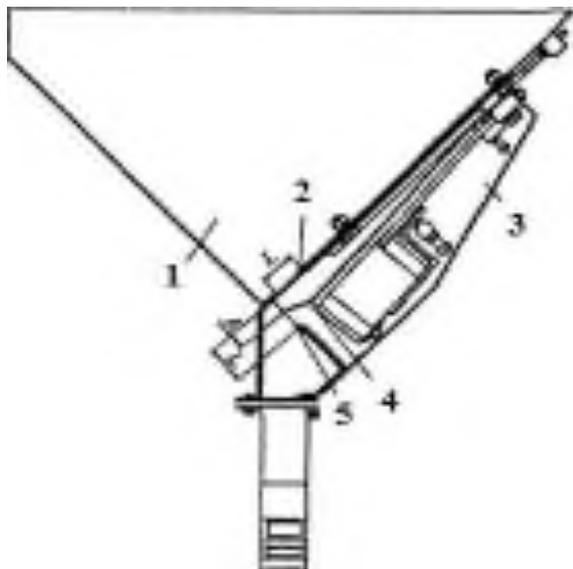
При нормальной работе затвора 4 сигнал датчика контроля 13 через блок формирования импульсов 14 и ключевой усилитель 15 поступает на вход программно-усилительного блока 10, увеличивая начальную амплитуду импульсов последнего, что позволяет дополнительно снизить среднюю мощность электромагнита 5. В случае нарушения процесса высева, например, попадания крупных инородных включений в истоко-стоковое пространство дозатора 3, сигнал датчика 13 исчезает, что приводит за счет уменьшения начальной амплитуды программно-усилительного блока 10 к отключению затвора 4 и прекращению высева. Одновременно с этим включается звуковая и световая сигнализация блока 16. Расширение технологических возможностей высевающей системы достигается за счет обеспечения динамического равновесия между давлением семян, накопленных в стоком растворе дозатора 3 и упругими силами затвора 4. При этом на высева мелких семян динамическое равновесие наступает раньше, чем на высева крупных, что обеспечивает автоматическую регулировку амплитуды хода затвора 4 и в конечном итоге, существенно расширяет диапазон нормы высева.

Расширение диапазона динамического равновесия затвора 4 для повышения универсальности высева обеспечивается упруго деформируемыми криволинейными направляющими 7, фиксирующими угол отклонения затвора 4 за счет изменения характера кривизны направляющей 7 упорными винтами 8. Использование криволинейных направляющих 7 позволяет не просто отклонить затвор 4, а отклонить его по заранее заданной криволинейной поверхности с перекачиванием по направляющим 7, увеличивая жесткость затвора 4 по мере открывания окна 2 бункера 1.

Одновременно с этим, установка электромагнита 5 непосредственно на упруго деформируемых криволинейных направляющих позволила уменьшить начальную жесткость затвора и увеличить амплитуду его хода, что снижает мощность электромагнитного привода и повышает надежность дозирования.

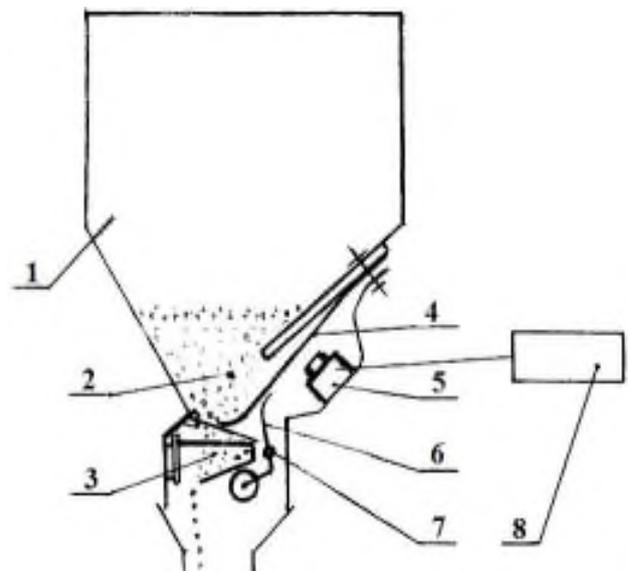
Высевающие аппараты аналогичной конструкции и принципа действия на посеве кормовых трав рассматриваются в работах [120, 121], рис.1.22 и в работе [39], рис.1.23.

Несмотря на внешнюю простоту, отсутствие механических передаточных устройств между приводом и рабочей машиной, в таком приводе происходят сложные электромагнитные, электромеханические и механические процессы. Это объясняется изменением массы продукта во время работы системы, нелинейностью жесткости упругих элементов, нелинейностью возмущающей силы, характеристикой намагничивания магнитопровода. Наличие нелинейных элементов служит причиной отсутствия обоснованной методики расчета электромагнитной системы вибропривода и заметного расхождения имеющихся теоретических и экспериментальных данных [149].



- 1 - бункер; 2 - входное окно аппарата и высевное окно бункера;
3 - вибродискретный ВА,
4 - пластина-вибратор; 5 - выходное высевное окно аппарата

Рисунок 1.22 - Схема вибродискретного высевающего аппарата



- 1 – бункер; 2 – щель; 3 – наклонная плоскость; 4 – подвижная заслонка;
5 – электромагнит; 6 – двуплечий рычаг; 7 – ось;
8 – электронный блок

Рис.1.23 – Схема высевающего аппарата с электроприводом заслонки

В современном виде ВСС представлена в работе [27]. Система усовершенствована с целью расширения технологических возможностей высева путем совершенствования конструкции дозатора, электропривода и его органов управления, которое осуществляется через программно-усилительный блок, а также для обеспечения повышения качества посева, снижения травмирования посевного материала, расширения диапазона норм высева и высеваемых культур, снижения потребления энергии электроприводом.

Это достигается тем, что высевающая система (рис.1.24) состоит из бункера для семян 1, к открытому окну которого присоединены дозаторы 2 цилиндрической формы. Дозаторы имеют исток (отверстие истечения) для семян в виде треугольного окна с возможностью перекрытия его затвором 3. Затвор установлен на оси дозатора и имеет вид пластины, которая свободно вращается, и поворот которой осуществляется шаговым двигателем следящего электропривода 4. Обмотка шагового двигателя подключена к выходу программно-усилительного блока 5, выполненного в виде микропроцессора, который скомбинирован с усилителем мощности и предназначен для обработки сигналов, поступающих к нему и управления работой высевающей системы. Шаговый электродвигатель работает по командам, которые поступают от датчика скорости движения 6, который взаимосвязан с опорным колесом 7 высевающей системы, блока контроля, сигнализации и индикации 8, задатчиков 9, 10, 11 и датчика обратной связи положения затвора 12. К нижней части дозатора 2 присоединен семяпровод для 13, по которому от истока 14 семена 15 попадают в почву.

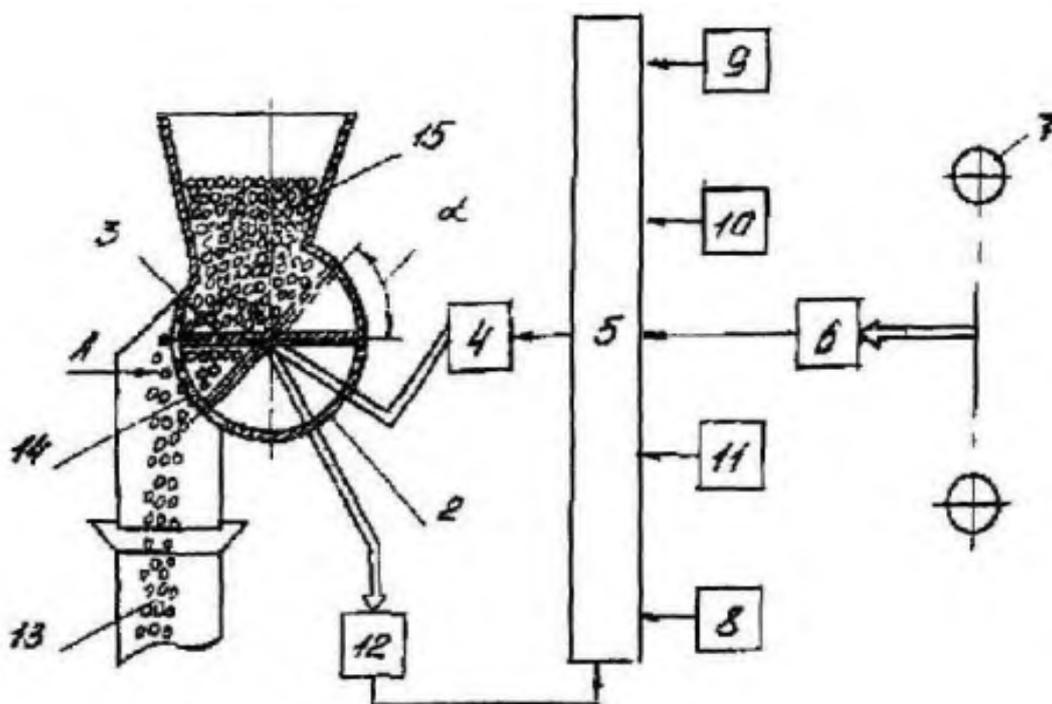


Рисунок 1.24 – Схема вибродискретной высевающей системы (обозначения в тексте)

Высевающая система работает следующим образом. Перед началом работы на датчиках 9, 10, 11 устанавливаются значения величин: α - угол открытого состояния затвора (амплитуда колебания), t - длительность открытого состояния затвора, $\alpha_{нач}$ - начальный угол открытого состояния затвора.

От величин α и t зависит норма высева, потому их значение выбирается в зависимости от размеров, физических свойств семян и в соответствии с обусловленными агротехническими требованиями. Величина « α » устанавливается в зависимости от размера посевных семян. Начальный угол открытого состояния затвора должен быть таким, чтобы семена из дозатора не высыпались и в то же время затвор не травмировал его.

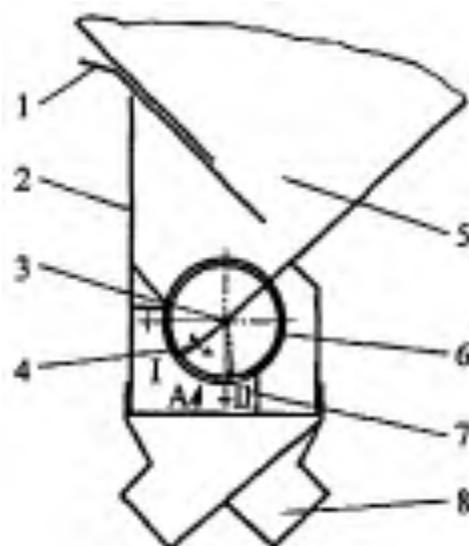
С началом движения высевающей системы команда, поступающая от опорного колеса 7 в виде импульсного сигнала от датчика скорости движения 6, передается к микропроцессору программно-усилительного блока 5, где превращается в командные импульсы управления шаговым двигателем следящего электропривода 4. Шаговый двигатель, в зависимости от установленных на датчиках 9, 10, 11 величин, периодически поворачивает затвор 3 в дозаторе 2 на соответствующий угол за промежуток времени x .

Семена 15 из бункера 1 под принудительным воздействием задней части затвора 3, а также гравитации попадает через отверстие истечения (исток) 14 в семяпровод для семян 13 и далее в почву. Процесс высева и положение затвора 3 постоянно контролируется датчиком обратной связи 12 положения затвора следящего электропривода 4. В случае сбоя в работе затвора (попадания постороннего тела) поступает соответствующий сигнал к программно-усилительному блоку 5, который выдает команду на увеличение крутящего

момента шагового двигателя и усилие, которое передается на затвор, увеличивается. Это позволяет вытолкнуть постороннее тело. Если этого не случилось, то работа затвора останавливается, а блок контроля, сигнализации и индикации 8 выдает информацию о характере неисправности.

Благодаря такому устройству высевальной системы расширяются технологические возможности процесса посева семян, а именно расширяется диапазон норм посева, диапазон посевных культур, повышается качество сева, снижается травмирование посевного материала, уменьшается потребление электроприводом энергии и облегчается обслуживание высевальной системы.

В работе [11] также рассматривается и оптимизируется высевной аппарат с микропроцессорным управлением (рис.1.25).



1 – шибер; 2 – корпус дозатора; 3 – приводной вал; 4 – затвор; 5 – бункер;
6 – втулка дозатора; 7 – разделительная перегородка; 8 – воронка семяпровода;
I – затвор закрывает выходные отверстия втулки; II – выходные отверстия втулки открыты.

Рисунок 1.25 – Высевной аппарат с микропроцессорным управлением

При этом исследуются закономерности движения посевного материала в аппарате для определения влияния на оценочные показатели работы геометрических и кинематических параметров при посеве семян различных зерновых культур и минеральных удобрений с целью установления режимов работы, при которых показатели посева будут удовлетворять агропотребованиям.

В усовершенствованном, с использованием результатов работы [27], в виде ВСС с вибродискретными высевными аппаратами которые являются основой для известных посевных машин «Клен» [90, 126], рис.1.26, 1.27.

На базе ВСС также разработаны и выпускаются посевные машины СЗС-6 [103], СЗП-3,6А(СВД) [7], СЗП-3,6Б [143], СЗ-5,4-06 [33]. Также выпускаются комплекты ВСС для переоборудования посевных машин СЗ-3,6; СЗП-3,6; СЗТ-3,6 [124].



Рисунок 1.26 – Посевная машина «Клен-6»



Рисунок 1.27 - Высевающий аппарат сеялки «Клен» (1) с шаговым электродвигателем (2)

Например, сеялка зернотуковая строчная СЗ-5,4-06 "Клен" по конструкции аналогична сеялке СЗТ-5,4, однако у нее вместо катушечных высевающих аппаратов установлена электронная система высева "Клен", которая позволяет осуществить засев с нормой высева от 0,2 до 400кг/га; кроме того, отсутствуют емкости для семян трав. Электронная система высева "Клен" (рис.1.28) представляет собой систему, состоящую из нескольких модулей: пульта управления, мультиплексора, дозаторов и датчика движения [33].

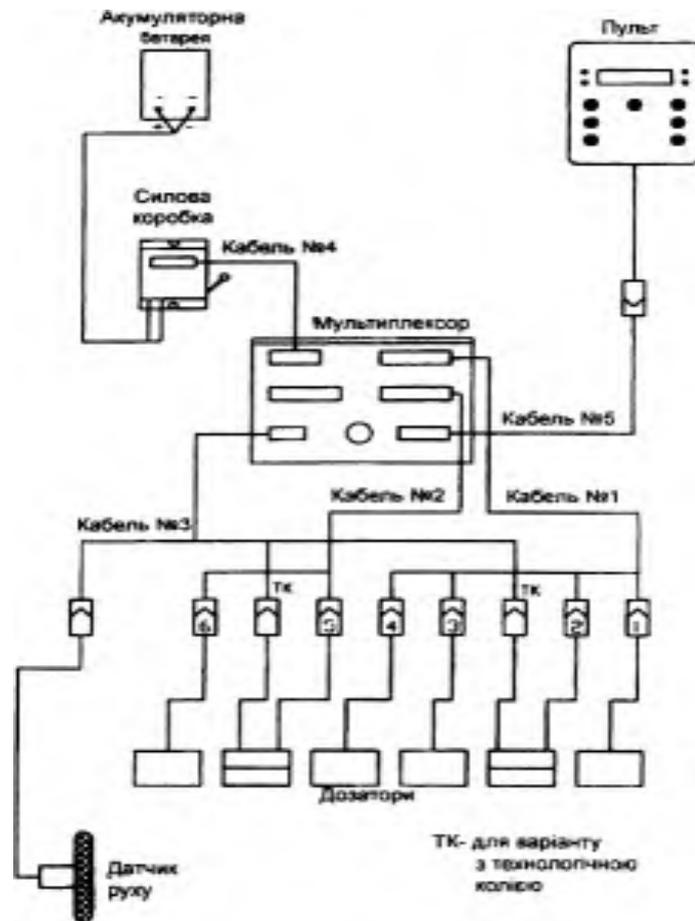


Рисунок 1.28 - Электронная схема высевающей системы "Клен"

Пульт управления предназначен для управления работой дозаторов, в зависимости от параметров настройки. Изменение параметров настройки и управления режимами работы выполняется с помощью шести однофункциональных кнопок управления. На индикаторе отображается информация о режиме работы системы, параметрах настройки и контроля. Мультиплексор предназначен для разветвления линий передачи и контроля, а также потребляемого напряжения на каждый отдельный дозатор.

Дозатором в данном случае служит электромеханический прибор, который осуществляет дозирование семян по команде с пульта управления. Информация о возникновении неполадок во время работы дозатора передается на пульт управления, при этом срабатывает световая и звуковая сигнализации. Датчик движения установлен в ступице колесной опоры и предназначен для синхронизации процесса высева со скоростью движения агрегата.

В отрегулированной на определенную культуру сеялке технологический процесс проходит таким образом: включив все дозаторы на мультиплексоре и питания на силовой коробке, оператор начинает плавное движение агрегата. При движении сеялки датчик движения подает сигналы на электромеханические дозаторы высевающих аппаратов, где и происходит кратковременное открытие клапана. Через образовавшуюся щель семена идут в раструбы дозатора, а затем в лейки и семяпроводы к дисковым сошникам.

В целом исследования, посвященные обоснованию параметров и режимов механизированного посева семян аппаратами с электромагнитной системой дозирования семян, являются актуальными и имеют большое народнохозяйственное значение [102].

В настоящее время в традиционных посевных машинах также находят применение электропривод отдельных устройств высевающей системы. Это вызвано следующим рядом причин.

В процессе эксплуатации посевных машин наблюдаются недостатки, негативно влияющие на качество высева. Во-первых, привод вентилятора пневмосеялок осуществляется от ВОМ трактора через систему механических передач. Поскольку частота вращения коленчатого вала двигателя и связанного с ним ВОМ изменяются в зависимости от нагрузки в достаточно широких пределах, такие же изменения претерпевает и частота вращения вала вентилятора. В результате изменяются параметры воздушного потока, с помощью которого производится подача посевного материала к сошникам сеялки, и количество подаваемых семян. Во-вторых, привод катушечного высевающего аппарата также не отличается совершенством, так как опорно-приводное колесо посевной машины может пробуксовывать или заклинивать в результате попадания в подшипники почвенного абразива, растительных и пожнивных остатков. Поэтому внедрение электропривода вентилятора и высевающего аппарата, как средства повышения качества высева, является актуальной научной и практически значимой задачей [18].

В работе [113] предложено конструктивное исполнение привода высевающего аппарата пневматической сеялки, позволяющее повысить

качество посева, снизить уровень шума и повысить надежность систем энергообеспечения рабочих органов посевной машины.

Это достигается тем, что передачу выполняют в виде установленного на раме сеялки электродвигателя с вариатором, причем вариатор снабжают выходным валом, который соединяют с высеваящим аппаратом сеялки посредством упругой муфты (рис.1.29).

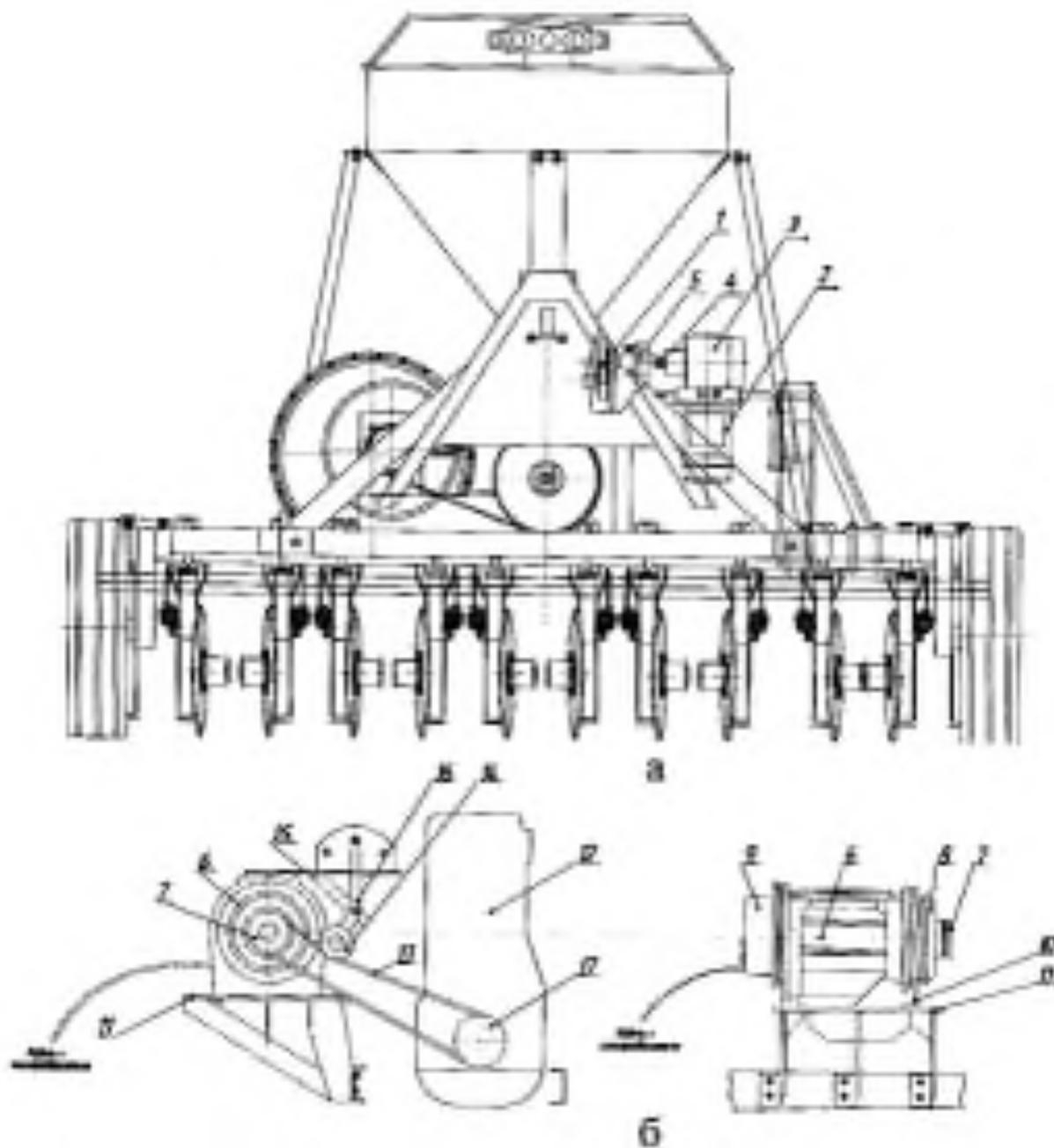


Рисунок 1.29 - Привод высеваящего аппарата пневматических сеялок (обозначения в тексте): а – вид сеялки спереди; б – общий вид генератора со схемой привода

Привод включает в себя высеваящий аппарат 1 и передачу, выполненную в виде трехфазного асинхронного электродвигателя 2 и жестко закрепленного с

ним вариатора 3. Трехфазный асинхронный электродвигатель 2 и вариатор 3 установлены на раме сеялки. Вариатор 3 снабжен выходным валом 4. Выходной вал 4 соосно соединен с высевающим аппаратом 1 сеялки посредством упругой муфты 5.

Привод высевающего аппарата 1 пневматических сеялок содержит также синхронный генератор 6, установленный на раме трактора, оснащенный приводным шкивом 7. Торцевые части синхронного генератора 6 закрыты передним кожухом 8 и задним кожухом 9. Кожухи 8 и 9 снабжены фланцами для крепления к корпусу генератора. Фланец переднего кожуха 8 имеет отбортовку 10. Отбортовка 10 служит кронштейном для дополнительного крепления генератора 6 к монтажному устройству 11.

Привод синхронного генератора 6 осуществляется от ДВС 12 трактора через клиноременную передачу 13, снабженную нажимным устройством в виде ролика 14, установленного с возможностью его фиксации в конечных положениях, и соединенного системой тяг 15 с двуплечим рычагом 16 включения привода. При вращении двуплечего рычага 16 ролик 14 может отходить от ремня клиноременной передачи 13, тем самым выключая синхронный генератор 6, и подходить к ремню, обеспечивая его необходимое натяжение и включая синхронный генератор 6 в работу. Коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания 12 снабжен шкивом 17. Шкив 17 выполнен двухручьевым. Пульт управления, в котором смонтированы необходимые электроизмерительные приборы, средства регулирования тока возбуждения генератора, пусковая и защитная аппаратура для управления электродвигателем, установлены в кабине трактора.

Привод высевающего аппарата 1 осуществляется следующим образом. Включают синхронный генератор 6, вращая двуплечий рычаг 16 включения привода по часовой стрелке. При этом ролик 14, установленный на двуплечем рычаге 16, подходит к ремню клиноременной передачи 13, обеспечивая его необходимое натяжение и включает в работу синхронный генератор 6. Электрическая энергия от синхронного генератора 6 подается на трехфазный асинхронный электродвигатель 2, приводя во вращение его вал. Крутящий момент от вала электродвигателя 2 посредством вариатора 3 и муфты 5 передается на высевающий аппарат 1 пневматической сеялки.

Наличие вариатора, соединительной муфты, электродвигателя и синхронного генератора позволяет устранить зависимость механических передач привода от неровностей поверхности поля, повысить равномерность высева семян сельскохозяйственных культур за счет равномерного вращения вала высевающего аппарата сеялки. Кроме того, наличие электрического привода высевающего аппарата позволяет исключить цепные и карданные передачи привода высевающего аппарата пневматической сеялки и снизить уровень шума.

Практическое применение электропривода дозаторов имеет место в некоторых посевных машинах [156]. У сеялок группового централизованного высева рассмотрим его на примере посевной машины Solitair12 [69, 13].

Электроприводом здесь приводится в действие вал высевающего аппарата (рис.1.30). Электронная система управления изменяет число оборотов вала в зависимости от скорости движения машины. Датчик импульсов на специальном колесе, установленном между посевными секциями, измеряет пройденное расстояние. Колесо не передает усилие и вращается без пробуксовки, тем самым обеспечивая постоянную и равномерную работу привода.

Шесть катушек высевающего аппарата для посева различных видов семян регулируются на норму высева 1,5...300кг/га (рис.1.31).



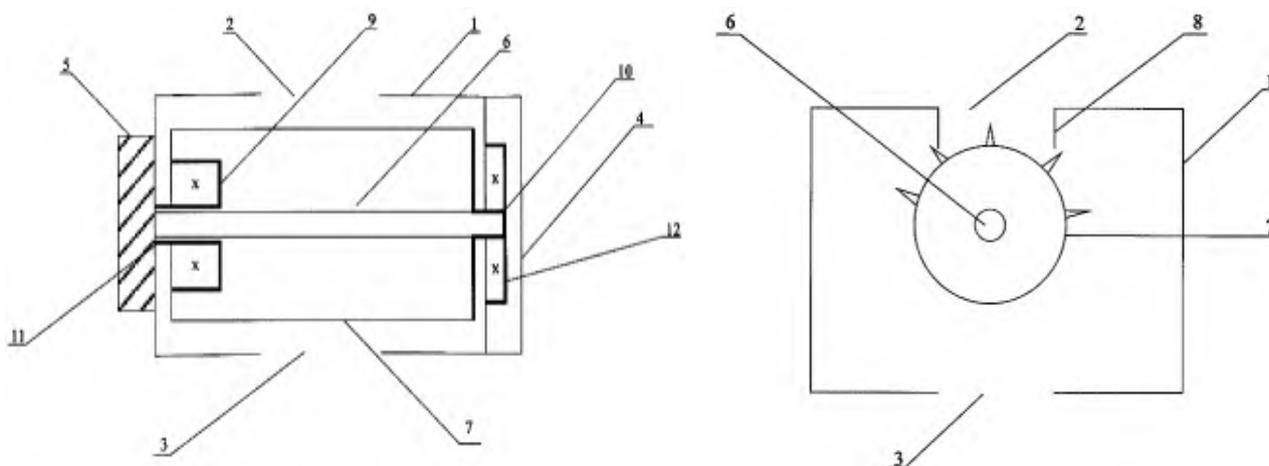
Рисунок 1.30 – Электропривод вала высевающих аппаратов сеялки Solitair 12



Рисунок 1.31 – Высевающий аппарат сеялки Solitair 12

Отключением отдельных катушек (см. рис.1.31) можно увеличить частоту вращения вала высевающего аппарата при посеве малыми нормами, что улучшает продольное распределение семян в ряду.

Высевающий аппарат с шаговым двигателем для привода катушки рассматривается и в [38], рис.1.32.



1 - корпус; 2 – верхнее окно; 3 – нижнее окно; 4 - крышка; 5 – шаговый электропривод; 6 - вал; 7 - катушка; 8 - шторки; 9 - выборка; 10 – проточка торца катушки; 11 – прилив корпуса

Рисунок 1.32 – Высевающий аппарат с шаговым электродвигателем

Высевающий аппарат состоит из корпуса 1, на одной стороне которого закреплен привод 5, например, шаговый двигатель, а другая сторона закрыта крышкой 4. Вал привода взаимодействует с валом высевающего аппарата 6, размещенным в корпусе 1. На валу закреплена катушка 7, в торце которой со стороны крепления привода 5 выполнена выборка 9 для размещения наружной обоймы подшипника. Другой торец 10 катушки изготовлен под внутреннюю обойму подшипника. В корпусе со стороны привода выполнен прилив 11 для размещения внутренней обоймы подшипника, а в крышке – выборка 9 для размещения наружной обоймы подшипника и окна для удаления пыли. В корпусе также выполнены верхние 2 и нижние 3 окна для прохода сыпучего материала к семяпроводу и окна для удаления пыли. В верхнем окне корпуса размещены две шторки 8 из упругого и эластичного материала. Высевающий аппарат стабилен в работе и имеет повышенную надежность и долговечность.

Кроме того, электромагнитные муфты используют для управления разобшителями приводов высевающих аппаратов, вентиляторов и устройств формирования технологической колеи [32, 99]. Фирмы Allis Chalmers и White еще в 1980-х гг. оборудовали посевные машины электроприводом вентилятора, питание которого осуществлялось от тракторного генератора или от батарей.

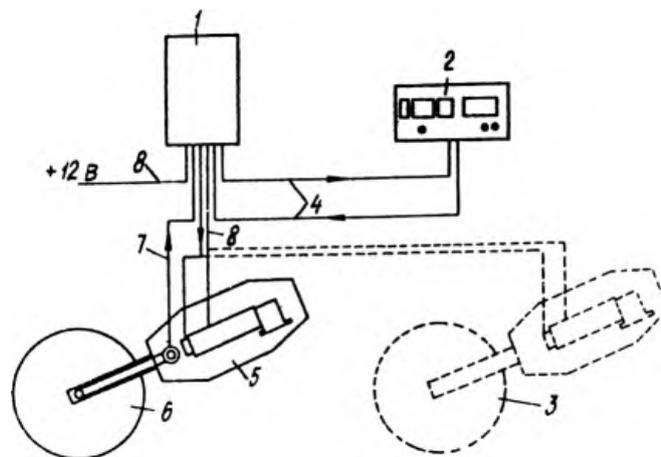
В сеялках Allis Chalmers 600/770 вентиляторы (по одному на каждые две или три секции) приводятся в действие электродвигателями с питанием от специального генератора, установленного на ВОМ трактора. Электрический привод позволяет компоновать широкозахватные пневматические сеялки из стандартных секций, улучшить равномерность распределения воздушного потока, а, следовательно, и точность высева [80].

Французская фирма Blanchot в 1980-х гг. оснащала овощные сеялки Nibex 500 электронной системой регулировки нормы высева (рис.1.33, 1.34) [89, 158].



а

Рисунок 1.33 – Овощная сеялка Nibex 500



б

1 – электронный блок; 2 – пульт дистанционного управления; 3 – опорное колесо; 4,7,8 – кабели;
5 – электродвигатель; 6 – дополнительное опорное колесо

Рисунок 1.34 – Схема регулировки нормы высева в сеялке Nibex 500

На пульте дистанционного управления сеялки устанавливается количество высеваемых семян в ряду на погонный метр, а электронная система задает необходимую частоту вращения электродвигателю. Опорное колесо сеялки оснащается электродвигателем, тахометром и оптическим индикатором, передающим значение скорости в электронный блок. Сеялки с числом рядов до 9 имеют одно опорное колесо с тахометром и электродвигателем, для сеялок с большей рядностью устанавливается второе колесо. Для контроля скорости электронный блок соединяется с пультом дистанционного управления, установленным в кабине оператора. В зависимости от передаваемой информации, на пульте регулируется частота вращения двигателя, вращающегося в заданном режиме и обеспечивающего требуемую норму высева, которая может варьироваться в процессе работы.

Для синхронизации процесса высева со скоростью перемещения посевной машины, гидроэлектрическое устройство синхронизации зерновых сеялок фирмы “Kirchberger” (Германия) позволяет с помощью микропроцессора автоматически регулировать частоту вращения гидродвигателя-привода высевающего аппарата, в зависимости от сигналов, поступающих в электронный блок от датчиков измерения нормы высева, скорости передвижения сеялки и вращения вала высевающих аппаратов. Гидродвигатель соединён с гидросистемой трактора, в кабине которого закреплён электронный блок, что даёт возможность в текущем порядке изменять норму высева [154]. Подобное устройство синхронизации предусмотрено для пропашной сеялки “Buffalo” фирмы “Fleischer Mfg” (США) и зернотуковых “Chinook 1203” фирмы “Cereal Implement” (Канада) и “Rapid RDA” фирмы “Väderstad” (Швеция). Применение синхронизации упрощает управление высевом и повышает надёжность рабочего процесса. И хотя значительно возрастает стоимость системы, из-за повышения производительности сеялки, экономии времени на её обслуживание и экономии посевного материала, она окупается за 1...2 года [153].

Устройство электромеханической системы синхронизации подобно гидроэлектрической. Различие состоит электрического мотор-редуктора в качестве исполнительного механизма. Такая система установлена на зерновых сеялках CLF и CLH фирмы “Nordsten”, “Solitair 8/12” фирмы “Lemken-Chervona Zirka”; пропашных сеялках “Unicorn” фирмы “Kleine”, “Nibex 500” фирм “Nibe-Verken” и “Blanchot” [154, 155, 158]. Преимущество этой системы в том, что она дешевле гидроэлектрической и на пропашных сеялках в движении можно отключать отдельные секции при засевании клиньев.

В ПЦВС электродвигатели применяются также для привода активных распределительных устройств, с целью повышения качества высева и распределения семян по сошникам (рис.1.35) [79].

Однако, несмотря на качественное распределение материала по семяпроводам, эти распределители имеют ряд существенных недостатков: наличие вращающихся частей вызывает травмирование материала, а также частицы материала могут приводить к заклиниванию крыльчаток; так как часть энергии воздушного потока расходуется на привод рабочих частей, требуется

установка более мощных вентиляторов; для снижения вероятности заклинивания крыльчаток требуется повышенная точность в изготовлении рабочих органов; снижение скорости воздушного потока приводит к снижению частоты вращения крыльчаток, что особенно актуально на агрегатах с приводом вентилятора от ВОМ трактора; необходим постоянный контроль вращения крыльчатки. Все вышеуказанные недостатки привели к тому, что распределители подобного типа в настоящее время не нашли широкого применения как в нашей стране, так и за рубежом [151].



Рисунок 1.35 – Общий вид активного распределителя ПЦВС с приводом от электродвигателя

Для повышения равномерности истечения малосыпучих семян из емкостей посевных машин и уменьшения их повреждения, в работе [46] предлагается сводоразрушитель, выполненный в виде упругой пластины, закрепленной на опорах над высевными окнами и связанной в своей центральной части с вибратором.

Пластина изгибается волнообразно, а колебания (волны) при этом равномерно распределяются по пластине, с образованием стоячих волн, которые имеют выступы над высевными окнами. Привод - вибратор обеспечивает частоту колебаний пластины в 50Гц и более, что создает условия для оптимального протекания технологического процесса (рис.1.36).

Высевающий аппарат состоит из бункера 1 с высевными окнами 2 и установленными в нем опорами 3, на которых закреплен сводоразрушитель, выполненный в виде упругой пластины 4, связанной в своей центральной части стержнем 5 с вибратором 6, закрепленным на внешней стороне бункера 1.

Аппарат работает следующим образом. При включении электрического тока вибратор 6 через стержень 5 приводит в колебательное движение пластину 4, которая получает изгибающую волну, с образованием узлов 7 и выступов 8 по всей своей длине. Выступы 8 концентрируются над высевными окнами 2, воздействуя на массу семян и приводя их в хаотическое движение относительно друг друга.

Благодаря такому исполнению сводоразрушителя высевающего аппарата достигается равномерность истечения малосыпучих семян, уменьшение их повреждения, снижается количество энергии, идущей на выполнение технологического процесса.

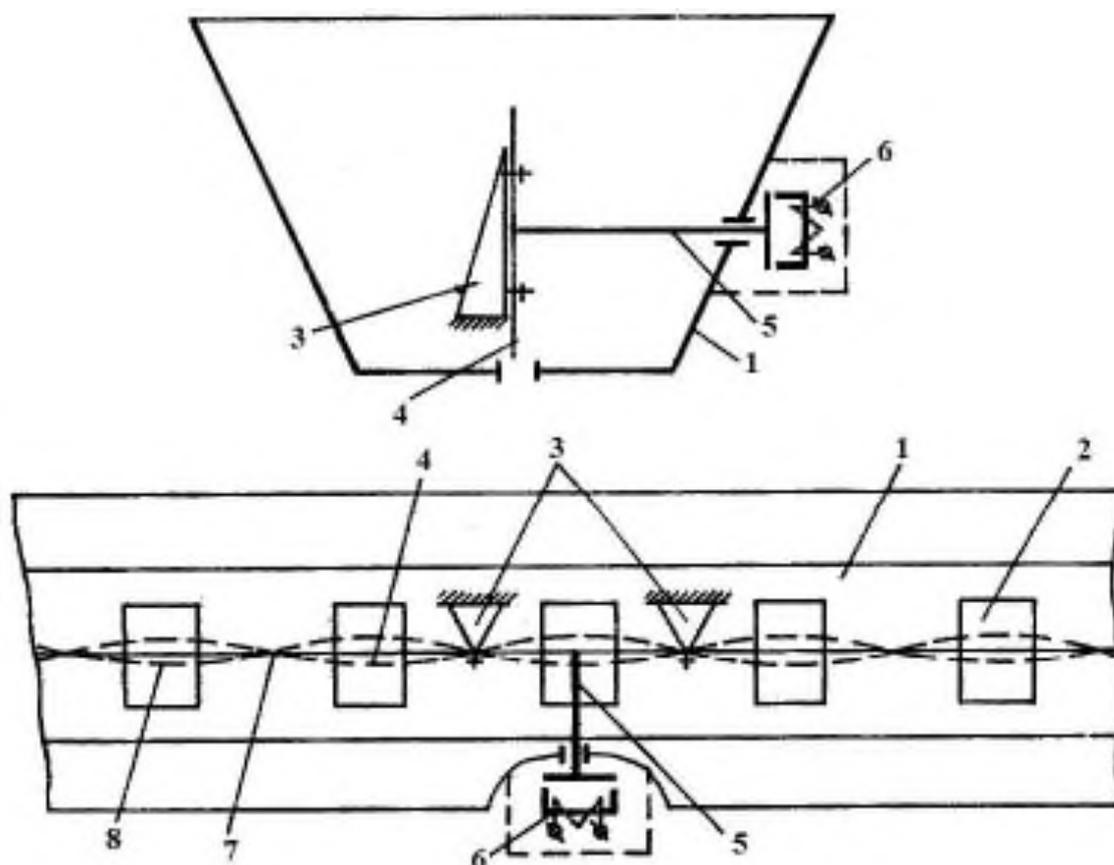


Рисунок 1.36 – Колебательное сводоразрушающее устройство (обозначения в тексте)

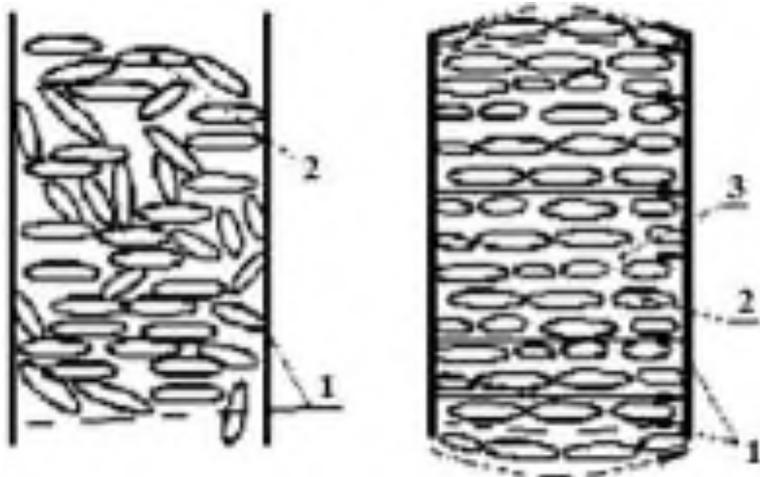
В работах [22, 82], при дозировании трудносыпучих семян рассматривается применение электрического поля, с целью выравнивания плотности семенного вороха и повышения равномерности дозирования потока семян дисково-штифовым высевающим аппаратом.

Равномерность высева можно улучшить, создав в объеме высеваемого материала электрическое поле высокой напряженности, возбуждая тем самым силы электрического взаимодействия между семенами. Электрические силы увеличивают трение между частицами, выравнивают плотность материала и стабилизируют динамический угол естественного откоса.

Семена большинства сельскохозяйственных культур являются диэлектриками, так как удельное сопротивление их составляет около $1 \text{ кОм} \cdot \text{м}$, но с невысокой электрической прочностью.

Частицы посевного материала построены из растительных клеток, и содержат большое количество молекул с полярными частями или целиком полярные молекулы. Наложенное внешнее электрическое поле стремится развернуть эти части молекул в соответствии со знаками их полярностей. Также в зерне имеются и неполярные молекулы. Под действием электрического поля эти молекулы начинают поляризовываться.

Зерновой ворох, движущийся по поверхности, представляет собой совокупность зерен, хаотично расположенных относительно друг друга (рис.1.37). Вследствие этого образуются участки с различной плотностью зернового вороха. В случае приложения внешнего электрического поля все зерна начинают одинаково ориентироваться (рис.1.38). Такое расположение зерен позволяет более плотно упаковать зерновой ворох и исключить возможность неравномерной плотности.



1 – электроды; 2 – посевной материал;
3 – линии напряженности электрического поля

Рисунок 1.37 – Схема ориентирования посевного материала без воздействия и под воздействием электрического поля



Рисунок 1.38 – Ориентация посевного материала под воздействием электрического поля

В пропашных сеялках в настоящее время электропривод нашел достаточно широкое применение [152, 154, 155, 158].

Внедрение индивидуального электропривода V-Drive (рис.1.39) или его аналогов для высевających аппаратов в пропашных сеялках на каждой секции дает возможность легко устанавливать норму высева, обеспечить строго заданную норму высева, улучшить распределение семян в ряду.



Рисунок 1.39 - Индивидуальный электрический привод V-Drive высевających аппаратов пропашных сеялок

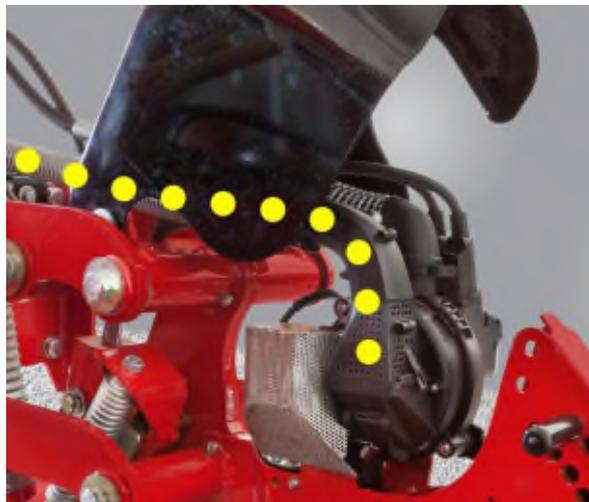
При совместной работе с навигационным оборудованием позволяет устранить явление "пересева" на разворотах, с экономией до 5% семян и обеспечить засев «клиньев» с отключением секций. Также достигается равномерность посева при работе с "забегом" крыла сеялки [96].

Применение электропривода высевających аппаратов рассмотрим на примере посевной машины для пропашных культур HORSCH Maestro (рис.1.40, 1.41) [16, 123].



а

Рисунок 1.40 – Пропашная сеялка Horsch Maestro CC



б

Рисунок 1.41 – Высеваящий аппарат посевной машины Horsch Maestro

При работе данной машины имеет место экономия посевного материала до 5% за счет системы контроля работы секций (автоматическое отключение секций при перекрытии).

Высеваящий аппарат посевной машины HORSCH Maestro включает в себя дозатор и интегрированный электропривод в компактном исполнении (см.рис.1.41). Электропривод объединяет двигатель, подшипниковый узел, редуктор и счетчик. Количество подвижных узлов сокращено до минимума. Универсальный дозатор может применяться для посева кукурузы, сахарной свеклы, подсолнечника, сои, сорго и рапса.

Высеваящий аппарат точного посева с электронным управлением представлен на рис.1.42, 1.43 [41, 75, 95].

Аппарат состоит из корпуса 1, верхняя крышка которого имеет загрузочное окно 2 и окно выхода семян 3. В основании корпуса находится горизонтальный высеваящий диск 4 с коническими отверстиями 10, обращенными меньшим основанием книзу, над которым расположена Г-образная перегородка 6. В свою очередь Г-образная перегородка 6 разделяет внутрикорпусное пространство на две зоны: на зону загрузки - А и зону исполнительных органов - Б. В зоне исполнительных органов параллельно правой стороне Г-образной перегородки 6 над горизонтальным высеваящим диском 4 располагается блок датчиков контроля наличия семян 5, данное

устройство контролирует наличие семян в ячейках. Основание правой стороны Г-образной перегородки 6 оснащено резиновой щеточкой 7, которая предотвращает проникновение лишних семян из зоны загрузки в зону исполнительных органов, а также уменьшает возможность деформации семян при вращении высевающего диска 4 с коническими отверстиями 10.

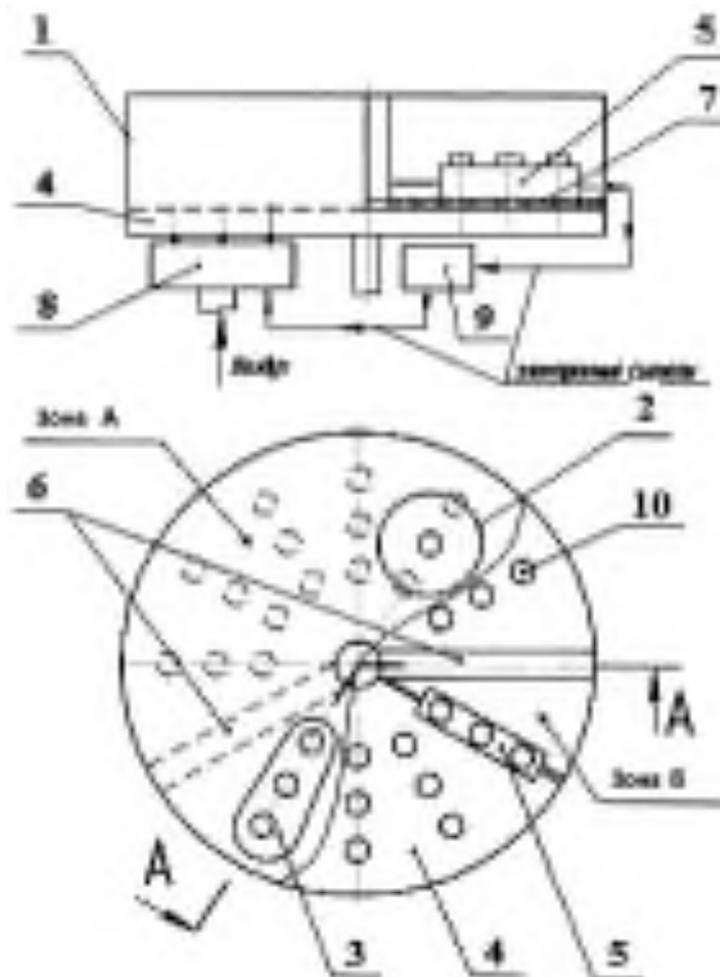


Рисунок 1.42 – Схема высевающего аппарата точного высева с электронным управлением

Под высевающим диском 4 установлен блок пневматических клапанов 8, управление которых осуществляется от электронного контролирующего устройства 9. При этом выходные сопла пневматических клапанов блока 8 установлены соосно коническим отверстиям 10 высевающего диска 4.

Аппарат работает следующим образом (рис.1.43). Привод высевающего аппарата осуществляется посредством электродвигателя. Семена поступают из бункера через загрузочное окно 2 в зону загрузки А высевающего аппарата. Семена заполняют конические отверстия 10, и высевающий диск 4 перемещает их через Г-образную перегородку 6 и резиновую щеточку 7 в зону исполнительных органов Б. Там блок датчиков контроля наличия семян 5 контролирует наличие семян в конических отверстиях 10. Электронное

контролирующее устройство 9 с заложенной программой управления, в зависимости от электронных сигналов, передаваемых от датчиков контроля наличия семян 5 и датчика скорости, который установлен на тракторе (на чертежах не показан), формирует электронные сигналы, управляющие работой блока пневматических клапанов 8. Под действием воздушного потока, создаваемого пневматическими клапанами блока 8, семена из конических отверстий 10 горизонтального высевающего диска 4 перемещаются в окно выхода семян 3, в семяпровод, и далее в сошник.

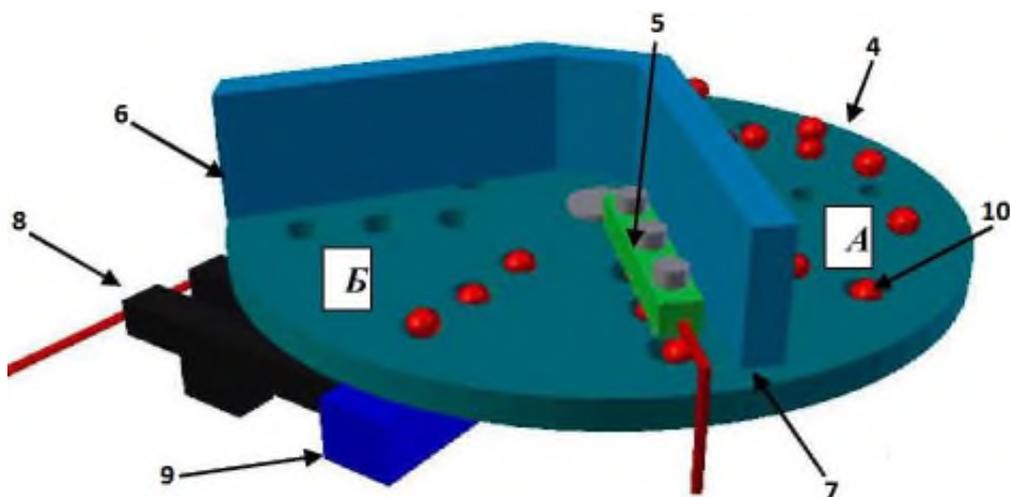


Рисунок 1.43 – Принцип действия высевающего аппарата точного посева с электронным управлением

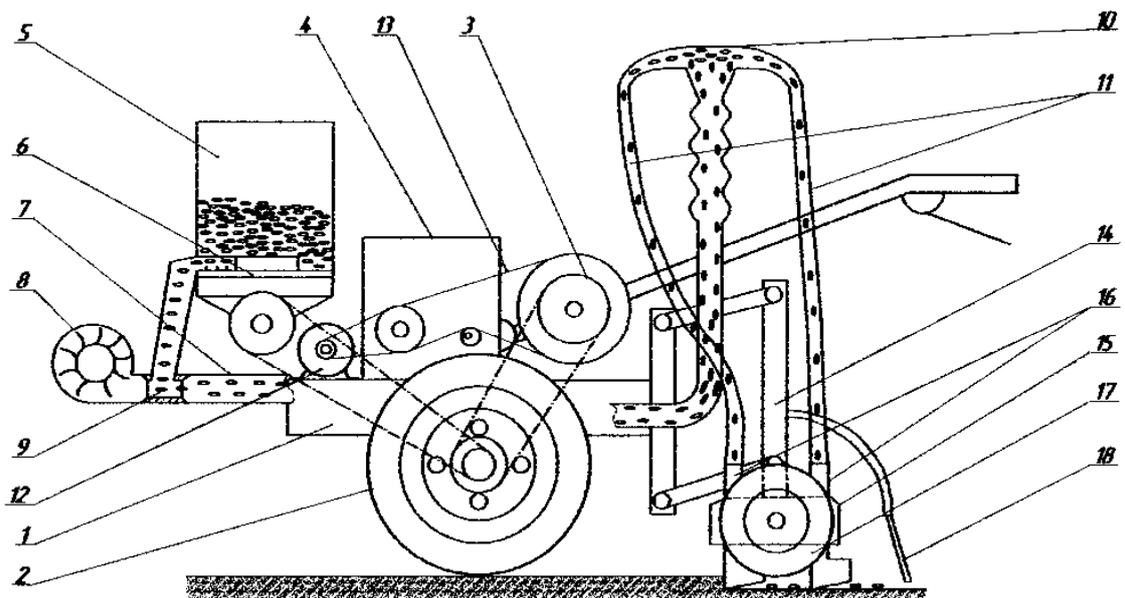
Данный высевающий аппарат позволит повысить урожайность сельскохозяйственных культур, сделает процесс посева более гибким и универсальным, будет осуществлять контроль над точностью посева, повысит производительность и уменьшит металлоемкость посевных машин.

Тенденции применения электропривода имеют место и в посевных машинах для малой механизации (рис.1.44) [115, 116].

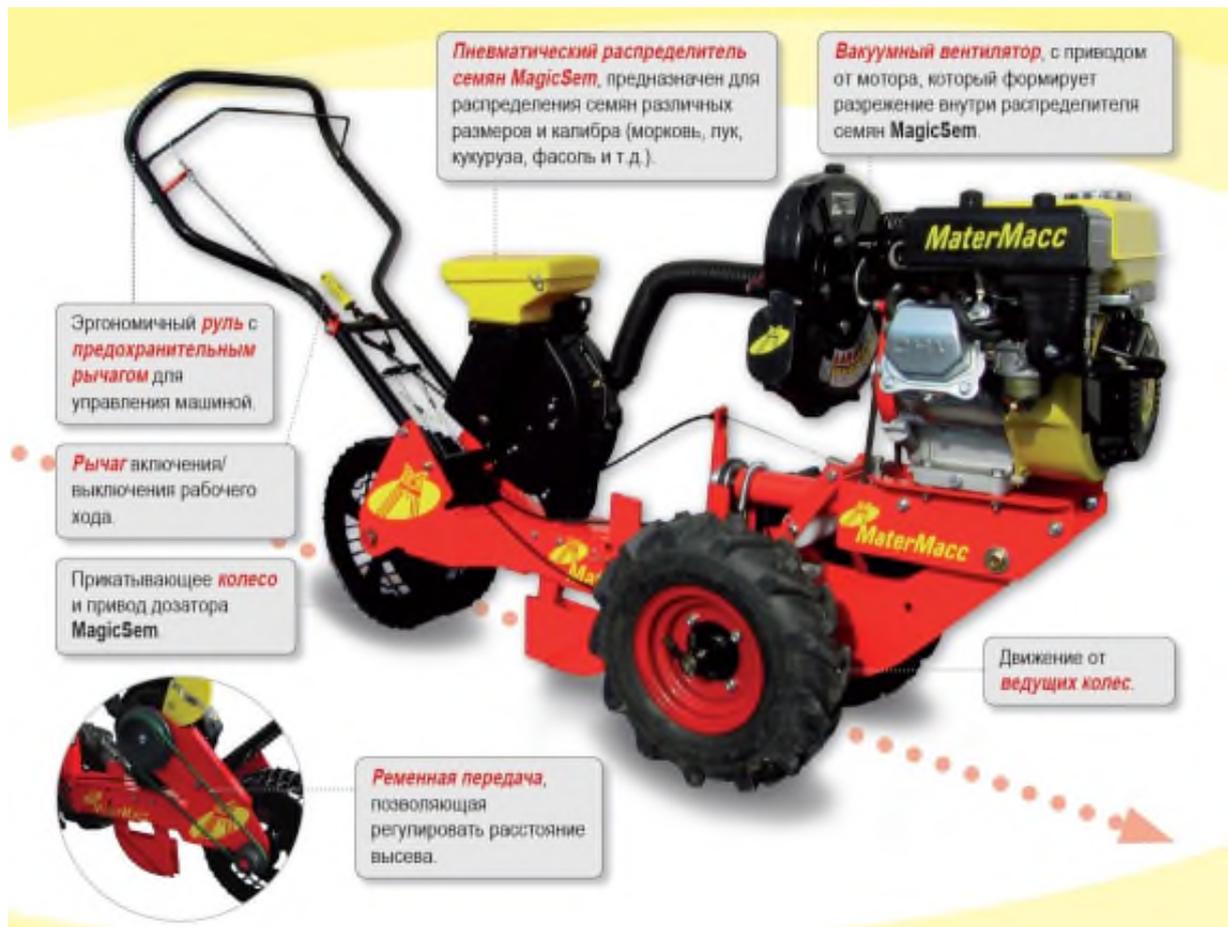
Машина состоит из рамы 1 с двумя ведущими колесами 2, привода ведущих колес 3, энергетического средства (двигатель внутреннего сгорания) 4, бункера для семян 5, в нижней части которого установлен высевающий аппарат 6, пневмотранспортирующей системы 7, включающей: нагнетающий вентилятор 8, эжекторное устройство 9, распределительную головку 10 и пневмосемяпроводы 11.

В частном случае исполнения самоходной пневматической мини-сеялки в качестве нагнетающего вентилятора 8 может быть использован нагнетающий электровентилятор, работающий от генератора постоянного тока 12, который приводится во вращение через привод 13 от энергетического средства (двигатель внутреннего сгорания) 4 мини-сеялки.

К раме 1 мини-сеялки, посредством параллелограмного механизма навески 14, закреплена сошниковая секция 15, с установленными в два ряда в шахматном порядке сошниками 16, двумя опорными колесами 17 и загортачами 18.



а



б

Рисунок 1.44 - Самоходная пневматическая мини-сеялка (обозначения в тексте): а – схема сеялки; б – общий вид

Технологический процесс работы мини-сеялки осуществляется следующим образом: энергетическое средство (двигатель внутреннего сгорания) 4 через привод 3 приводит во вращение ведущие колеса 2,

нагнетающий вентилятор 8 обеспечивает подачу воздуха в пневмотранспортирующую систему 7 мини-сеялки. Семена из бункера 5 поступают от высевающего аппарата 6 к эжекторному устройству 9, где потоком воздуха увлекаются в распределительную головку 10, которая обеспечивает распределение семенного потока по пневмосемяпроводам 11 и далее в сошники 16 сошниковой секции 15.

Высевающий аппарат 6 приводится в действие от ведущих колес 2 с помощью цепной передачи и обеспечивает норму высева от 5 до 80кг при ширине захвата 100см с междурядьем 5см.

Однако установлено, что основная часть непроизводительного расхода металла в сельскохозяйственном машиностроении приходится на самоходные машины, независимо от их назначения [84].

1.4 Новые технические средства для реализации современных технологий посева

Интенсивные технологии выращивания сельскохозяйственных культур обеспечивают существенный прирост урожайности, но при этом увеличиваются материальные, трудовые и денежные затраты. Внедрение в производство ресурсосберегающих технологий возделывания и технических средств для их реализации дает возможности снизить себестоимость продукции и работ.

Одним из приоритетных направлений внедрения ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур является применение высокоурожайных гибридов и сортов семян, адаптированных к условиям возделывания, качественно подготовленных к посеву с применением современных высокоэффективных посевных технологий и технических средств.

Развитие конструкций сеялок обусловлено прогрессом в технологиях посева и рационализации конструкций машин и рабочих органов [90].

1.4.1 Посевная машина для мультигибридной технологии

Для оптимизации процесса по высеву семян гибридов, повышения их всхожести и увеличения рентабельности, компания Kinze Manufacturing Inc создала концепт первой в мире электрической мультигибридной посевной машины [72, 97].

Мультигибридная технология предполагает возможность автоматического изменения вида семян во время перемещения посевной машины по полю. В результате появляется возможность высева не смеси семян на всём поле, а зонировать участки и засеивать их определённым сортом. Посевная машина автоматически выбирает необходимую группу семян для той или иной зоны поля.

Например, в тех частях участка, где находится высокоплодородная почва, можно высеять высокоурожайные сорта сельскохозяйственных культур. На менее производительных почвах можно использовать нетребовательные к

качеству грунта семена. На полях с плохим дренажем в нижних частях лучше высаживать менее урожайные сорта, а вот семена с высокой урожайностью нужно засеивать на возвышенностях.

Такая дифференциация позволит повысить урожайность и почти не зависеть от особенностей почвы на полях.

Во время испытаний новой технологии прирост урожайности варьировался от двух бушелей на гектар (1 бушель – 20...27 кг зерна, в зависимости от культуры) и до более чем десяти бушелей на гектар при использовании мультигибридного посева. Если другие методы посева дают хороший результат один год и показывают отрицательный результат на следующий год, то испытания мультигибридного посева доказали, что этого можно избежать, в итоге увеличить рентабельность сельского хозяйства и сохранить высокую урожайность.

Новый концепт электрифицированной мультигибридной сеялки Kinze (рис.1.45) состоит из новых блочных рядков длиной два метра. Измерители, отправляющие зерно в трубку, определяют расстояние с помощью датчиков, расположенных на колёсах. Это позволяет в автоматическом режиме в нужное время и на необходимом расстоянии открывать и закрывать ёмкость с семенами. На сеялках устанавливаются стандартные колёса Kinze серии 4000.



Рисунок 1.45 - Мультигибридные посевные машины Kinze Manufacturing Inc

Использование мультигибридной технологии стало возможным благодаря новому электроприводу, установленному на шасси сеялки Kinze 4000. Улучшив конструкцию привод, разработчики смогли улучшить показатели однозернового дозирования. В результате получился более эффективный способ, существенно расширяющий возможности гибридного посева.

1.4.2 Сеялки для точного посева зерновых культур

Необходимость более равномерного размещения посевного материала в пространстве требует создания посевных машин с точным высевом семян зерновых культур. Решением проблемы создания посевной машины для точного или однозернового высева зерновых культур уже сравнительно давно занимаются ученые и конструкторы [13, 88, 98, 112].

Рассмотрим агротехническое обоснование точного или однозернового посева зерновых культур, то есть однозернового равномерного размещения семян в рядках на заданной одинаковой глубине.

Точный посев зерновых культур, как способ повышения урожайности, еще не получил достаточного признания. Анализ литературных источников показывает нехватку биологического и агротехнического обоснования целесообразности точного посева зерновых, а в некоторых публикациях отрицаются его преимущества и необходимость создания соответствующих посевных машин [86]. Правда, основная масса таких выводов основывается на теоретических расчетах, которые содержат ряд ошибочных методических предпосылок [88].

Практика показывает, что для зерновых колосовых культур можно не добиваться слишком большой равномерности высева семян между аппаратами посевной машины, так как биологические особенности этих семян таковы, что они после всходов кустятся, причем редкие посевы – в большей степени, густые – в меньшей. Поэтому на относительно неравномерных посевах после кущения густота стояния растений нивелируется. Число высеваемых семян не является моментом, окончательно определяющим густоту растений в поле, потому что больший или меньший стеблестой посев уравнивается в той или иной степени кущением стеблей. Редко размещенные стебли кустятся сильнее и этим пополняют общее их число. Известно также, что при слишком загущенных посевах зерновых культур имеет место их изреживание [12, 13].

Согласно [9, 51], ужесточение требований по качеству посева зерновых позволяет снизить норму высева примерно в 1,5 раза и приводит к оптимизации условий роста и развития растений, что, в свою очередь, позволяет снизить потери будущего урожая на 10...15% за счет сохранения до 68% продуктивных стеблей, в то время как при использовании существующих посевных машин с их качеством посева достигается всего 31,4...44,3% продуктивных стеблей.

Основными агротехническими требованиями к посевным машинам для точного посева зерновых, согласно [88], являются:

- семена необходимо заделывать на одинаковую глубину – 2...3см;
- в конструкции посевной машины должны быть предусмотрены анкерные сошники, создающие плотную борозду и обеспечивающие заделку семян на равную глубину;
- ширина междурядий должна быть не более 7см;
- размещение семян по площади питания, близкой к форме квадрата, по схеме 6×6 или 7×7, что обеспечивает максимальную продуктивность.

Соблюдение этих требований обеспечит развитие выровненных по росту, здоровых, высокопродуктивных растений, даст возможность значительно снизить норму высева и будет содействовать формированию высокого урожая.

Проведенными исследованиями была установлена возможность снижения норм высева зерновых культур, а в странах Западной Европы уже созданы образцы зерновых сеялок на базе рабочих органов пропашных сеялок. Это

прицепная сеялка «PCD-80» (фирмы Hestair-Stanhey) с механическими высевальными аппаратами и индивидуальными бункерами для семян (рис.1.46а), навесная сеялка «Monoair GS-23» (фирмы H.Fähse), с пневматическими высевальными аппаратами и общим бункером (рис.1.46б), сеялка «Helios-65» (Италия) [85, 86, 91, 148].

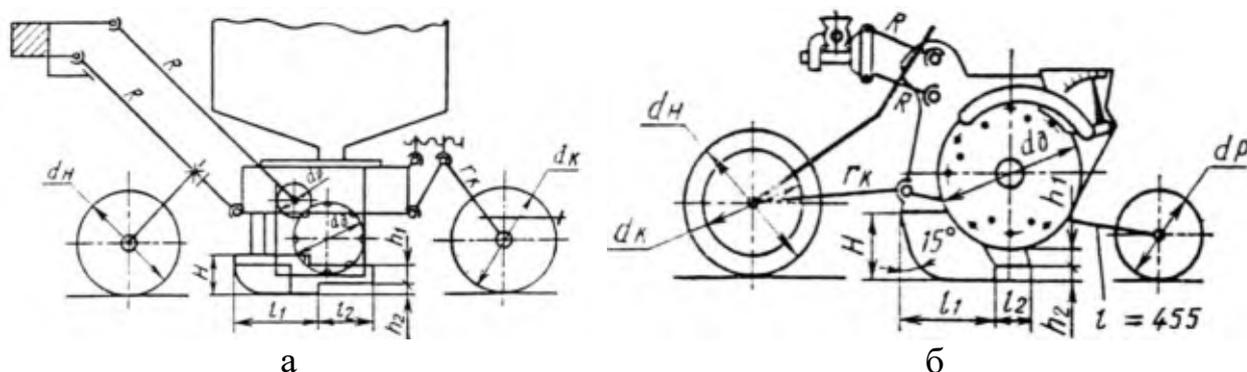


Рисунок 1.46 - Схемы секций рабочих органов сеялок PCD-80 (а) и Monoair GS-23 (б)

Конструкция высевального аппарата (рис.1.47), обеспечивающего однозерновой высев, преимущественно семян пшеницы, рассматривается в [45].

Новым в предлагаемой конструкции является то, что средством для улучшения заполнения ячеек семенами и удаления их из ячеек является вибратор (модулятор) вращательного движения высевального барабана, выполненный в виде подпружиненного рычага с роликом, взаимодействующим с зубьями на высевальном барабане.

Вибрационное вращение высевального барабана позволяет значительно улучшить заполнение ячеек семенами и удалять их (стряхивать) с наклонных ячеек после выхода семян из зоны действия дугообразного кожуха

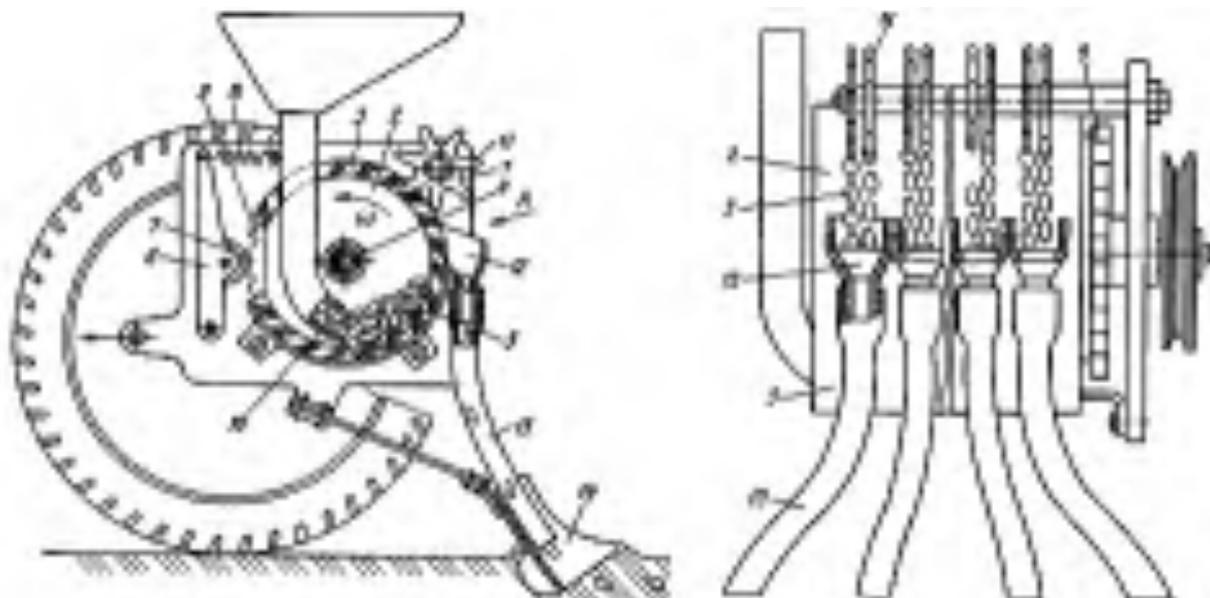


Рисунок 1.47 – Высевальный аппарат для однозернового высева семян зерновых культур (обозначения в тексте)

Высевающий аппарат содержит корпус 1, вертикальный высевающий барабан 2, в котором выполнены в несколько рядов сквозные наклонные ячейки 3. Барабан 2 установлен на приводном валу с возможностью люфта во вращательном движении, например, через эластичную втулку 4. К нижней части барабана 2 прилегает дугообразный кожух 5. На оси, закрепленной на корпусе 1, установлен подпружиненный рычаг 6 с роликом 7. Ролик 7 при помощи пружины 8 прижат к зубьям 9, выполненным на барабане 2. Зубья 9 могут быть выполнены на валу высевающего барабана 2, при этом вал барабана 2 должен быть также установлен с люфтом во вращательном движении относительно колеса сеялки. Семена попадают в устройство через входное отверстие 10. Высевающий аппарат может быть оборудован средством для очистки ячеек, выполненным в виде звездочки 11.

Высевающий аппарат может быть также оборудован приемным устройством, выполненным в виде воронки 12, принимающей семена из нескольких рядов ячеек 3, гибким трубопроводом 13 и сошником 14.

Работает высевающий аппарат следующим образом. Из входного отверстия 10 семена попадают в полую часть барабана 2. В процессе вращения барабана 2 подпружиненный ролик 7 перекачивается по его зубьям 9. В момент схода ролика 7 с зуба 9, благодаря люфту во вращательном движении, под действием пружины 8 барабан 2 получает дополнительный толчок (колебание) по ходу своего вращения. Колебательное вращение высевающего барабана 2 улучшает заполнение ячеек 3 семенами. По мере поворота барабана 2 семена скользят по кожуху 5 и, дойдя до его границы, опять же, благодаря колебательному вращению барабана 2, интенсивно удаляются (стряхиваются) с наклонных ячеек 3. Далее под действием силы тяжести семена попадают в воронку 12 и по гибкому трубопроводу 13 в борозду, прорытую сошником 14.

Одновременно семена, не попавшие в ячейки 3, поднимаются вверх по внутренней поверхности барабана 2 до тех пор, пока они под действием силы тяжести не начнут скатываться вниз. Ниспадающий поток семян при этом сметает «двойников», попавших в ячейки 3, и, дойдя до входного отверстия 10, перекрывают его. Таким образом, внутри барабана 2 автоматически поддерживается определенный объем семян, свободно перекачивающийся по его внутренней поверхности.

Концы звездочки 11, входя в ячейки 3, получают вращение от барабана 2 и гарантированно очищают ячейки 3 от застрявших в них семян и пыли.

Изготовлен опытный образец высевающего аппарата для семян пшеницы. В высевающем барабане ячейки выполнены в четыре ряда по 40 гнезд в каждом (по два ряда в каждую из двух воронок). Образец устойчиво работает при частоте вращения барабана до 45 об/мин. Это позволяет высевать пшеницу с интервалом между семенами 4 см со скоростью движения сеялки до 9 км/час.

Однако в ходе полевых опытов установлено, что сеялки точного высева менее универсальны, требовательны к качеству подготовки почвы, менее удобны в обслуживании и, самое важное - ненадежны в работе, сложны в эксплуатации и малопродуктивны [85, 86, 90, 91].

Здесь можно отметить то обстоятельство, что в период создания рассматриваемых рабочих органов сеялок для точного высева зерновых культур отсутствовала современная аппаратно-программная и элементная база, применив которую аналогично решениям по [41, 75, 95] (см. рис.1.43), можно было бы компенсировать многие указанные недостатки.

1.4.3 Высевающие системы для посева капсулированных семян

Термин «капсулирование» означает покрытие семени оболочкой, содержащей неорганические и органические питательные вещества, а также биологически активные вещества и другие компоненты, способствующие росту и развитию растений.

Капсулирование семян - технологический процесс создания вокруг семени специальной оболочки (капсулы), содержащей питательные, стимулирующие и защитные вещества, способствующие росту и развитию растений (рис.1.48).



Рисунок 1.48 – Капсулированный посевной материал

При посеве капсулированными семенами увеличиваются благоприятные сроки для развития растений за счет стабилизации температурного режима внутри капсулы определяемого теплоизоляционными свойствами оболочки, что обеспечивает их вызревание, а также повышается их устойчивость к перепаду температур и повышается полевая всхожесть семян растений. Это происходит за счет адресной доставки к семени в период прорастания питательных веществ и микроэлементов оптимального состава и защиты семени от болезней и неблагоприятных природно-климатических условий.

Капсулирование позволяет обеспечить запас питательных веществ, влаги и воздуха, необходимый на каждой стадии образования ростка, регулировать начало и скорость формирования корневой системы и развития ростка, а также сократить расход питательных веществ и средств химической защиты.

Кроме того, капсулирование семян позволяет учесть особенности каждого вида растений при выборе состава питательной смеси и варьировать свойства оболочки в зависимости от состава почвы и природных условий, что

обеспечивает развитие растений на любых почвах благодаря наличию в оболочке значительного количества питательных веществ и возможностью регулирования влагоемкости капсулы. Точное внесение питательных веществ в почву исключает опасность их перераспределения при дожде и сносе ветром [83].

Капсулирование семян позволяет обеспечить незначительный расход питательных веществ и средств химической защиты растений в сравнении со сплошной или ленточной обработкой посевов, а также обеспечить защиту семени от болезней и неблагоприятных природно-климатических условий.

Посев капсулированных семян кукурузы диаметром 35...40мм способствует повышению всхожести семян на 5...7%, ускоренному развитию ростков, увеличению урожайности возделываемых культур на 17...25% при снижении общего расхода органических и минеральных удобрений на 15...20%, улучшению экологической обстановки [132, 133].

Появление новой эффективной формы посевного материала в виде капсул (биоконтейнеров) обусловило проблему высева их в почву. Поэтому в исследованиях [135] предполагается гипотеза, что повысить урожайность пропашных культур можно за счет применения капсулированных семян и использования новых высевающих аппаратов.

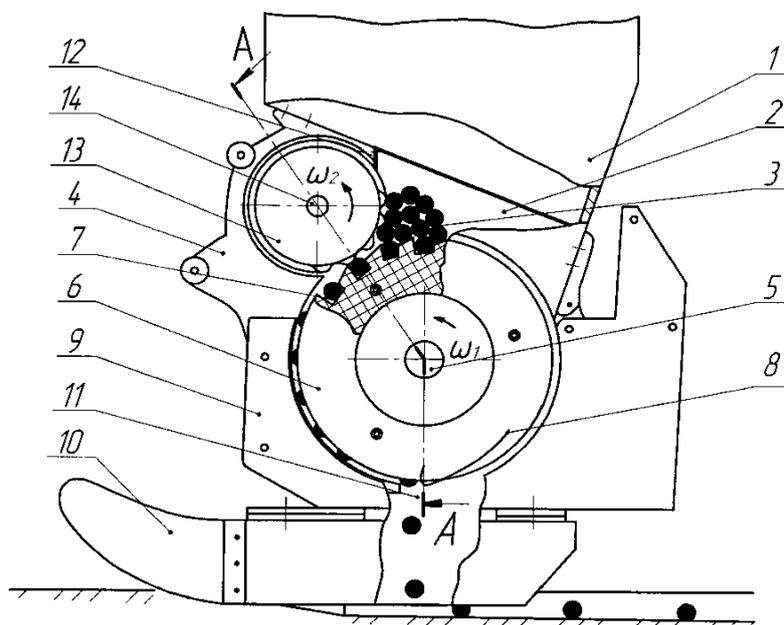
Автор работы [135] считает, что наиболее перспективным направлением внедрения энергосберегающих технологий возделывания пропашных культур является применение капсулированных семян, которые необходимо распределить равномерно по длине рядка на заданную глубину заделки. Это условие выполнимо при использовании для посева капсулированных семян сеялок точного высева.

Из-за отсутствия высокопроизводительных машин для посева семян в капсулах диаметром 10...30мм, предлагается технологическая схема высевающего аппарата, (рис.1.49) [118, 135, 141].

Высевающий аппарат содержит бункер 1 с распределительной камерой 2 для капсул 3, под которым расположен корпус 4. В корпусе 4 установлен цилиндрический диск 6 с ячейками 7, вращающийся на горизонтальной оси 5. На боковой поверхности диска 6 установлены ворошители 8. Полозовидный сошник 10 закреплен с помощью боковых пластин 9, который соединен с выгрузным окном 11, отражателем 12 и роликом-отражателем 13, установленным на оси 14.

Высевающий аппарат монтируется на секции рабочих органов сеялки. Каждая из секций состоит из механизма подвески, семенного бункера увеличенной вместимости, ячеисто-дискового высевающего аппарата, сошника с механизмом регулировки глубины хода, загортачей, прикатывающего колеса.

Процесс высева капсулированных семян осуществляется следующим образом. Семена, находящиеся в бункере, поступают в распределительную камеру, в которой роликом-отражателем, вращающимся против часовой стрелки со скоростью ω_2 , канавкой на боковой поверхности диска и ворошителями, препятствующими образованию свода в камере, ориентируются относительно ячеек на диске.



1 - бункер; 2 - распределительная камера; 3 - капсулы; 4 - корпус; 5 - ось вращения; 6 - цилиндрический диск; 7 - ячейка; 8 - ворошитель; 9 - боковая пластина; 10 - сошник; 11 - выгрузное окно; 12 - отражатель; 13 - ролик; 14 - ось

Рисунок 1.49 – Конструктивно-технологическая схема высевающего аппарата для посева семян в капсулах

Капсулированные семена под воздействием гравитации поочередно западают в свободные ячейки высевающего диска, который вращается в том же направлении, что и ролик-отражатель, со скоростью ω_1 . Вращаясь на оси, диск перемещает капсулы к выгрузному окну, и, при совмещении одной ячейки с выгрузным окном, капсула выпадает из неё. Затем под воздействием гравитации падает между щеками сошника на дно борозды, образованное сошником. Расстояние между щеками сошника устанавливается больше диаметра капсулы, чтобы обеспечить беспрепятственное падение капсулы любого размера на дно борозды.

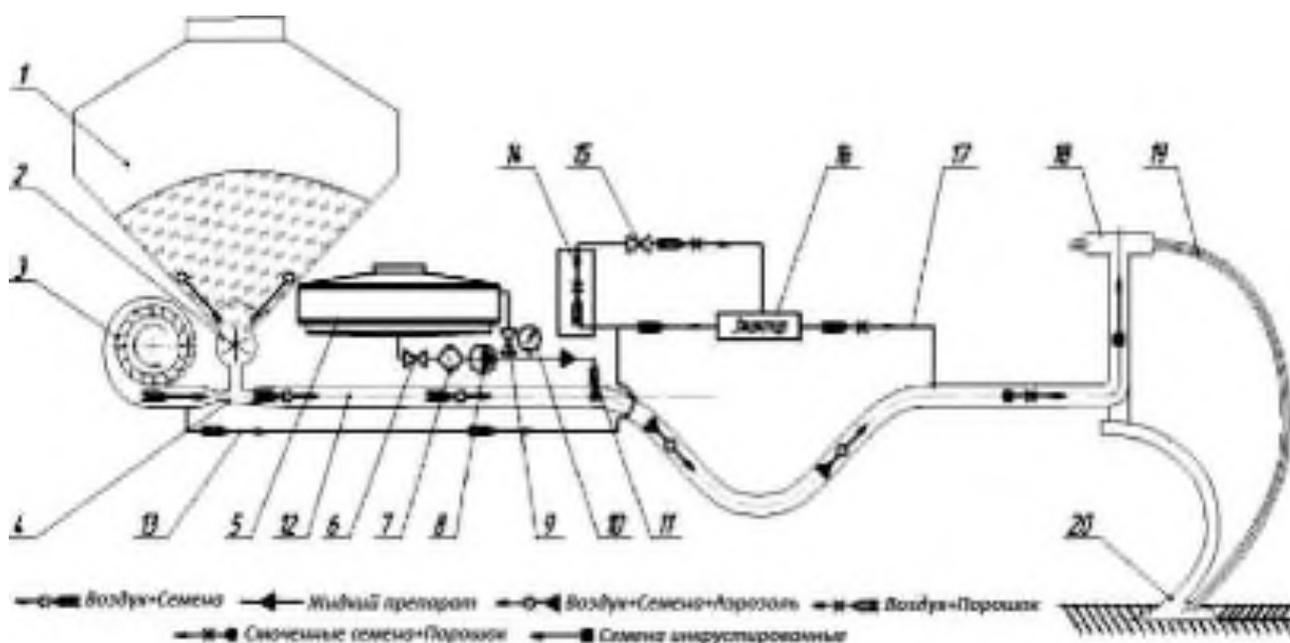
Предлагаемая конструкция позволяет равномерно распределить капсулы по длине рядка за счет образования единичного организованного ряда галтелью на боковой поверхности диска, ворошителями и обрезиненным роликом, а также ликвидации относительной скорости капсул по диску и обеспечения им вращательного движения, придаваемого обрезиненным роликом и диском, способствующим единичному заполнению ячеек.

1.4.4 Совмещение посева с инкрустацией посевного материала

В начальный период развития всходы семян растений даже при благоприятных условиях, в виду отсутствия развитой корневой системы, переживают острый дефицит в микро- и макроэлементах, что ослабляет их иммунную систему и приводит к большей вероятности поражения болезнями и

вредителями. При инкрустации влияние данного негативного фактора значительно снижается, т.к. нанесенный на поверхность семян препарат обеспечивает защиту растений от возбудителей бактериальных, грибных и вирусных заболеваний и дает стартовую дозу элементов питания, что ускоряет их развитие и повышает урожайность. Однако, несмотря на высокую эффективность, инкрустация не получила широкого распространения, т.к. в предлагаемых на рынке машинах для предпосевной обработки семян не предусмотрено проведение данной операции [63, 64].

Поэтому в работе [63] предлагается инкрустирующая модуль-приставка к зерновым пневматическим сеялкам. С этой целью была модернизирована сеялка John Deere 730 (рис.1.50).



- 1 - емкость для семян; 2 - дозатор; 3 - вентилятор; 4 - эжектор; 5 - емкость для жидкого препарата; 6 - вентиль; 7 - фильтр; 8 - насос; 9 - перепускной вентиль; 10 - манометр; 11 - форсунка; 12 - пневмосемяпровод; 13 - воздуховод; 14 - порошок; 15 - дозатор порошка; 16 - порошковый эжектор; 17 - магистраль подачи порошка; 18 - распределительная головка; 19 - семяпровод; 20 - сошник

Рисунок 1.50 - Технологическая схема модернизированного посевного комплекса John Deere 730 для посева с одновременной инкрустацией

Влияние на формирование урожайности яровой пшеницы показала комбинация препаратов полисорб + гидрогуммин. Обработка семян этими препаратами повысила урожайность на 5,4%.

Установлено, что совмещение процессов посева и инкрустации семян открывает новые возможности применения современных биопрепаратов, а также позволяет сократить материальные и трудовые затраты на предпосевную подготовку семян.

1.4.5 Высевальное устройство BioDrill фирмы Vaderstad

Назначение высевального устройства BioDrill BDA360 фирмы Vaderstad - посев мелкозернистых культур. За один проход машины с помощью этого устройства осуществляется не только обработка почвы, но и посев семян трав или маслических культур. Высевальное устройство применяется также для посева поживных культур и междурядий.

Реализация данной технологии уменьшает число проходов по полю, и, как следствие, снижаются временные, денежные и прочие затраты, что является устойчивой тенденцией современного сельского хозяйства [35, 36].

BioDrill BDA 360 может быть легко смонтировано или демонтировано на широкую гамму машин Vaderstad.

При использовании BioDrill BDA 360 на культиваторах Carrier семена высеваются за дисками, на Rexius и Rollex – перед рабочими органами, после чего прикатывается катками на глубину 1...3см (рис.1.51).



Рисунок 1.51 – Высевальное устройство BioDrill BDA 360 на культиваторах

Семяпроводы устройства направляют семена непосредственно в канавки, сформированные фасонными дисками культиватора Carrier. Посредством вентилятора с приводом от гидромотора обеспечивается равномерное распределение посевного материала по рядкам. В высевальной системе установлен бункер объемом 360л.

При установке BioDrill BDA 360 на сеялки (рис.1.52) посевной материал распределяется по поверхности почвы, после чего заглубляется в нее на 1...3см колесами и бороной-рыхлителем.

Высевальное устройство BioDrill BDA 360 со сменной посевной катушкой и вентилятором для нагнетания воздуха оборудовано электроприводом катушки (рис.1.53), который позволяет регулировать норму посева в диапазоне 1...30кг/га и связано с радаром скорости, который обеспечивает точность посева.



Рисунок 1.52 - Высевающее устройство BioDrill BDA 360 на посевных машинах



Рисунок 1.53 – Электропривод высевающего аппарата BioDrill BDA 360

Аналогичным электроприводом оборудуются дозаторы посевных машин фирм Kuhn (рис.1.54) [150] и Sulky (рис.1.55) [157].



Рисунок 1.54 – Электропривод дозатора посевной машины фирмы Kuhn



Рисунок 1.55 – Электропривод дозатора посевной машины фирмы Sulky

Дозаторы посевных машин фирмы Kuhn изготавливаются из нержавеющей стали, с целью уменьшения износа и коррозии. Электрический привод обеспечивает такие функции, как установку на норму высева или изменение нормы высева с места оператора.

Разработанный компанией Sulky централизованный дозатор приводится в действие электродвигателем с радарным измерителем скорости. Он обеспечивает точное дозирование для любого вида семян в диапазоне норм высева 1...450кг/га.

1.4.6 Высевающая система Xpress сеялок Amazone серии EDX

Для скоростного посева пропашных культур фирма Amazone предлагает сеялку точного высева серии EDX (рис.1.56), оборудованную централизованным высевающим аппаратом (система Xpress) [125].

Система Xpress новой 12-ти рядной сеялки EDX 9000-Т шириной захвата 9м позволяет увеличить производительность в сравнении с традиционными сеялками точного высева до 50%, без ухудшения качества работы.



Рисунок 1.56 – Пропашная сеялка точного высева Amazone серии EDX

Решающим новшеством является модульное разделение функций дозирования и заделки семян. Однозерновое дозирование семян производится центральным барабанным пневматическим высевальным аппаратом (рис.1.57).



1 – бункер; 2 – высевальный аппарат; 3 – сошниковая группа;
4 – бороздоуплотнитель; 5 – двухдисковый сошник; 6 - каток

Рисунок 1.57 - Функциональная схема устройства посева и заделки семян Xpress посевной машины Amazone серии EDX

Работа высевальной системы заключается в следующем. Поток семян из бункера 1 поступает в барабанный высевальный аппарат 2. Точное пневматическое разделение семян происходит в зависимости от машины и ширины междурядья для 6...16 рядков одновременно, через центральные разделительные барабаны (рис.1.58). В отверстиях барабанов находятся централизованные и синхронно смещаемые отсекатели для разделения семян.

Настройка нормы посева определяется при помощи бортового компьютера Amatron+. Высевальный барабан приводится в действие электроприводом.



Рисунок 1.58 – Разделительный барабан EDX

Затем семена под давлением, с соответствующей скоростью, по одному «выстреливаются» по семяпроводам в сошниковую группу 3, которая «мягко» принимает зерно и заделывает его в борозду.

Бороздоуплотнитель 4, сошник 5 и каток 6 образуют «приемную систему» Xpress. Сечение борозды не V-образное, а прямоугольное и борозда надежно закрывается даже с краев, обеспечивая тем самым оптимальную заделку семян на любом типе почвы. Преимуществом в сравнении с традиционными сеялками точного высева является также и то, что точность укладки с системой Xpress не зависит от состояния и износа сошников.

Модульное разделение посевных функций позволяет высеваящей системе EDX выполнять качественную заделку семян на рабочей скорости до 15км/час, то есть в два раза быстрее, чем традиционные пропашные сеялки точного высева.

1.4.7 Скоростной посев пропашных культур

Компания Precision Planting сообщила некоторые детали относительно нового концептуального изобретения SpeedTube для посевных машин, которое позволяет им работать на значительно более высоких скоростях, сохраняя при этом точное расстояние между семенами [17], рис.1.59.



Рисунок 1.59 – Высеваящая система SpeedTube

Какой-либо дополнительной информации по техническим характеристикам изделия крайне мало, но, по словам представителей компании, при условии интеграции с технологиями производителей vDrive и vSet, устройство SpeedTube с легкостью заменит традиционную систему с семяпроводом. Кроме того, SpeedTube легко может быть совместим с электроприводом новых типов.

Результаты испытаний, проводимых компанией Precision Planting, показали, что благодаря данному устройству, скорость посева 8...12км/час может быть удвоена до 17...20км/час. Как заявила компания, тестирование SpeedTube производилось в широком диапазоне полевых условий, включая нулевую и стандартную обработки почвы.

1.4.8 Скоростной посев зерновых культур

В последние годы в области посева существует тенденция повышения производительности увеличением ширины захвата свыше 9 метров и рабочих скоростей движения свыше 12км/ч. Это сопряжено с рядом трудностей, главная из которых – затруднения при контроле оператором качества выполнения технологической операции. В связи с этим, важным направлением при совершенствовании конструкций распределителей посевного материала посевных машин централизованного высева является максимальная автоматизация технологического процесса и контроль качества его выполнения. Именно в этом направлении работают ведущие мировые производители посевной техники.

Так, австрийская фирма «Pöttinger Maschinenfabrik» разработала «разумную» систему распределения Intelligent Distribution System с отдельно подключаемыми каналами распределительных головок, что обеспечивает гибкость и удобство при закладке технологической колеи при неизменной точной норме высева в ряду (рис.1.60) [151].



Рисунок 1.60 – «Разумная» система распределения фирмы «Pöttinger»

Для измерения материалопотоков (пропускного объема или подсчета количества посевного материала) в режиме реального времени, разработана система Seedector, работающая на принципах радарной техники. Ее можно использовать в сеялках для контроля блокировки семяпроводов, проверки отключений или измерения повторной заделки семян в режиме реального времени. Данная система отличается простотой и гибкостью конструкции,

компактностью и нечувствительностью к загрязнениям. Применение указанных систем автоматизации и контроля значительно облегчает труд механизатора и повышает качество выполнения технологического процесса с осуществлением полного контроля.

1.4.9 Совместный высев семян двух культур

Для повышения урожайности, получения гарантированно высоких урожаев при различных изменяющихся по годам погодных условиях, повышения качества получаемого корма, за счет дополнения ценными кормовыми компонентами, имеющимися в избытке в одной культуре и недостающими в другой, рекомендуются совместные посевы двух и более культур. Например, обоснована необходимость до 40% кукурузы высевать совместно с сорго. Также обоснована перспективность совместных посевов сорго с кукурузой и соей [21].

Для совместного посева семян двух культур разработаны различные аппараты, наиболее перспективными из которых считаются аппараты с совмещенными пневматическим и пневмомеханическим захватом и удержанием семян.

В настоящее время хорошо изучена технология равномерного распределения семян пропашных культур высевальными дисками или барабанами при возделывании одной культуры. Взаимное, равномерное распределение высеваемых совместно семян двух культур все еще затруднено.

Для эффективного возделывания совместно двух культур необходимо обеспечить высевальным аппаратом не только равномерное распределение семян каждой культуры, но и взаимное равномерное распределение в рядке их с учетом требуемого соотношения норм посева каждой культуры.

В работе [111] решается задача изменения количественного соотношения одновременно высеваемых семян двух культур и изменения момента посева семян одной культуры относительно семян другой культуры. На рис.1.61 изображен пневматический высевальный аппарат для посева двух культур.

Пневматический высевальный аппарат содержит корпус 1, семенную камеру, разделенную на две изолированные друг от друга полости 2, 3 перегородками 4, 5 для крупных 6 и мелких 7 семян двух культур и вакуумную камеру 8 (рис.1.61б). Между семенной и вакуумной камерами на валу 9 (рис.1.61б, А-А) установлен высевальный диск, состоящий из основания 10 с просасывающими отверстиями 11, прокладки 12, первой накладки 13 с присасывающими отверстиями 14, второй накладки 15 с продолговатыми отверстиями 16 и по периметру с вырезами и отгибами 17 для создания первой стенки ячейки 18 (рис.1.61); третьей накладкой 19 (рис.1.61б, А-А) по периметру с вырезами и отгибами для создания второй стенки 20 ячейки 18 (рис.1.61а). В накладках 15 и 19 выполнены продолговатые отверстия 21 (рис.1.61а) для возможности их смещения друг относительно друга и относительно основания 10 и накладки 13, в которых имеются отверстия в основании 10 с резьбой.

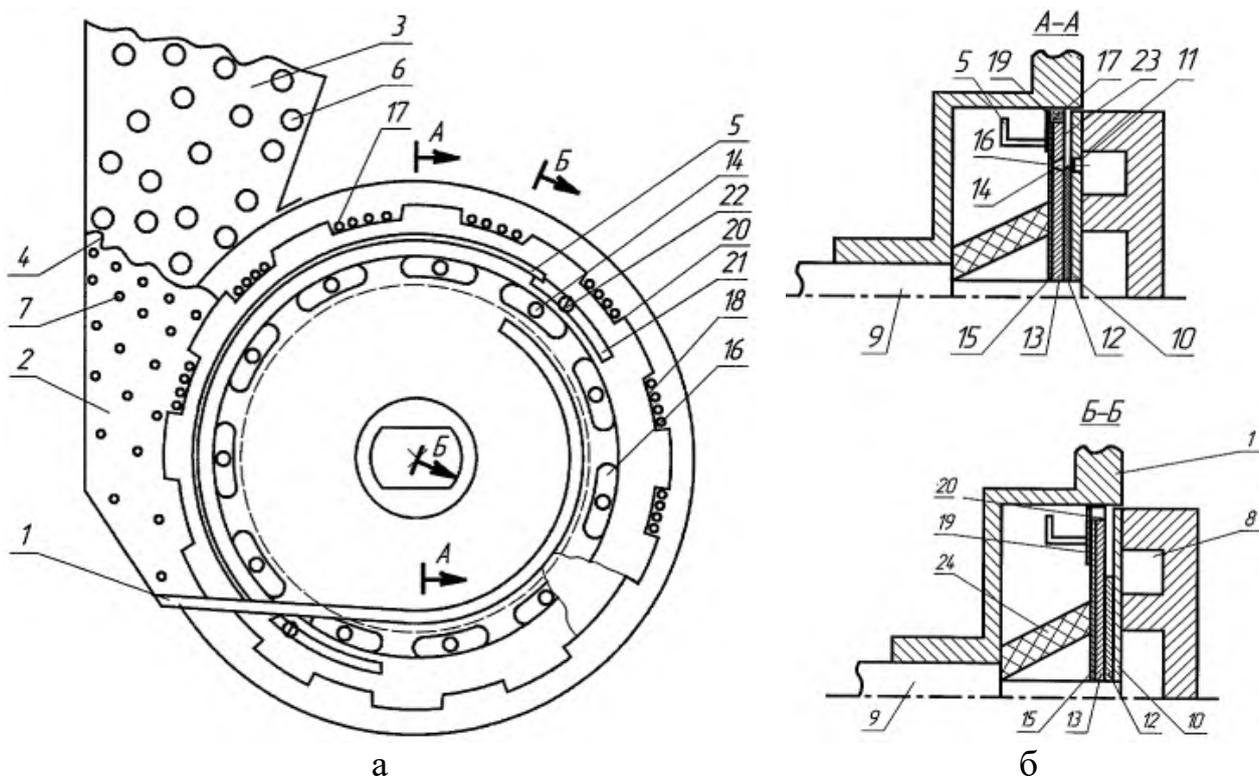


Рисунок 1.61. – Схема пневматического высевающего аппарата для посева двух культур (обозначения в тексте): а – общий вид; б - разрезы

Пакет дисков в нужном положении скрепляется двумя винтами 22. Основание 10, контактирующее с вакуумной камерой 8, устанавливается жестко на валу 9, равномерно распределенные по окружности просасывающие отверстия 11 одной стороной сообщающиеся с вакуумной камерой 8, другой - с просасывающей щелью 23 и с присасывающими отверстиями 14 первой накладки 13. Первая накладка 13 имеет равномерно распределенные по окружности присасывающие отверстия 14, располагающиеся напротив просасывающих отверстий основания 10. Вторая накладка 15 выполнена в форме диска с наружным диаметром больше диаметра первой наклейки на 2...5мм, имеет равномерно распределенные по окружности продолговатые отверстия 16 длиной $1/2...2/3$ расстояния между присасывающими отверстиями 14 первой наклейки, расположенные на радиусе присасывающих отверстий шириной больше диаметра присасывающих отверстий на 3...5 мм. По периметру второй наклейки 15 на радиусе первой наклейки 13 выполнены сквозные вырезы длиной $1/2...2/3$ расстояния между просасывающими отверстиями основания 10, и отгибы 17 перпендикулярно накладке на величину толщины первой наклейки 18 для создания первой стенки ячейки 18 на основании наружного периметра гладкой цилиндрической поверхности первой наклейки 13. По наружной поверхности вторая накладка 15 имеет загиб перпендикулярно диску в сторону первой наклейки 13 на величину ширины первой наклейки 13 на радиусе больше радиуса первой наклейки 13 на два-пять миллиметров. Третья накладка 19 выполнена в форме диска с внутренним

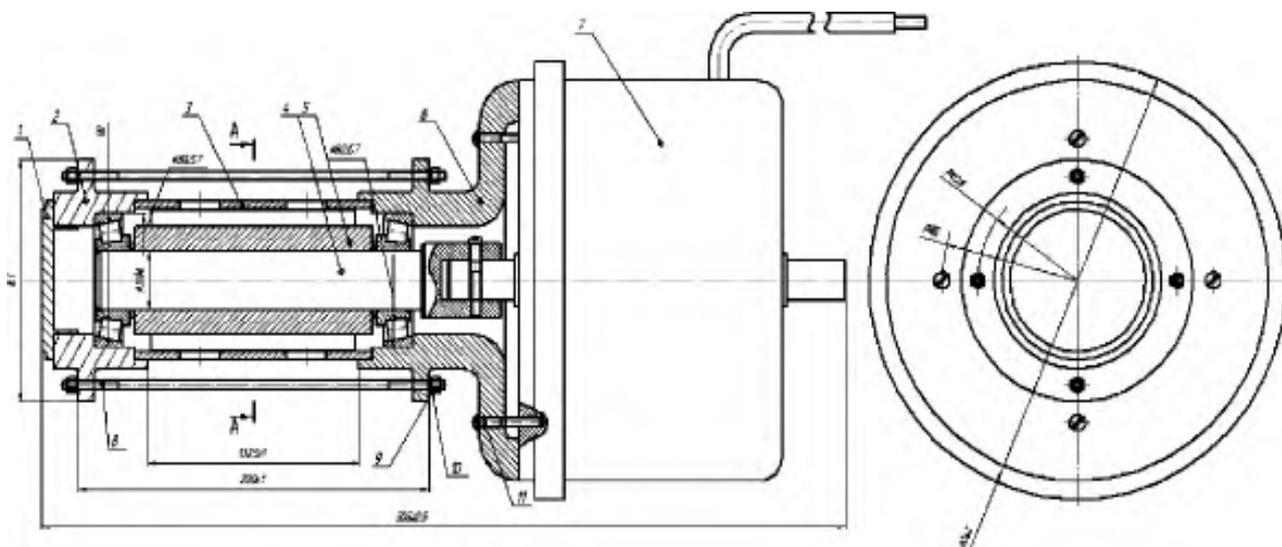
радиусом, равным наружному радиусу продолговатых отверстий 16 второй накладки 15. По наружному периметру на радиусе, равном наружному радиусу второй накладки 15 накладка имеет загиб вовнутрь на величину толщины пакета первой 13 и второй накладки 15. По периметру третьейкладки 19 выполнены сквозные вырезы длиной $1/2 \dots 2/3$ расстояния между просасывающими отверстиями основания 10 и отгибы перпендикулярно накладке на величину толщины суммы первой и второйкладки для создания второй стенки 20 ячейки 18. На валу установлена ворошилка 24.

Пневматический высевающий аппарат работает следующим образом. Крупные семена 6, расположенные в полости 3 семенной камеры, приводятся в движение ворошилкой 24 и образуют активный слой, из которого захватываются присасывающими отверстиями 14 первойкладки 13 за счет разрежения в вакуумной камере 8 и переносятся в зону высева, где отрываются от присасывающего отверстия 14 в результате прекращения подачи вакуума, определяемого конфигурацией вакуумной камеры (различные известные конструкции сбрасывателей лишних семян здесь не приводятся). Мелкие семена 7 из полости 2 захватываются ячейками 18, образованными первой накладкой 13, отгибами 17 второйкладки 15 и отгибами для создания второй стенки 20 третьейкладки 19 и транспортируются в зону высева, где отрываются и выпадают из ячеек в результате прекращения подачи вакуума. Конфигурация вакуумной камеры 8 не изменена, отсечка вакуума в данном высевающем аппарате в просасывающих отверстиях основания, в щели и в присасывающем отверстии первойкладки 13 происходит одновременно при определенном положении основания 10, таким образом, отрыв мелких семян 7 и крупных семян 6 производится одновременно от ячейки 18 и присасывающего отверстия 14. Механизм смещения второйкладки 15 и третьейкладки 19 относительно первойкладки 13 при неизменном моменте отрыва семян и высева в высевающее окно позволяет изменить расстояние полета семян мелкосеменных культур и, таким образом, изменить взаимное расположение высеянных семян мелкосеменной и крупносеменной культуры. Перемещением второйкладки 15 и третьейкладки 19 друг относительно друга изменяется размер ячейки 18 и, следовательно, соотношение высеваемых семян двух культур.

Совместно вторая накладка 15 и третья накладка 19 относительно первойкладки 13 может перемещаться с помощью механизма смещения на дуге перемещения присасывающих отверстий 14 в зоне продолговатых отверстий 16.

Максимальный эффект регулирования взаимного расположения семян двух культур достигается при конструкции вакуумной камеры производящей отсечку вакуума при прохождении просасывающими отверстиями основания 10 горизонтальной оси.

Для совмещенного высева двух кормовых культур также предлагается высевающий аппарат колебательного типа с электронным управлением и контролем (рис.1.62) [19, 20].



1 - крышка; 2 - стакан; 3 - корпус; 4 - вал; 5 - барабан; 6 - фланец;
7 - электродвигатель; 8 - шпилька; 9 - гайка; 10 - шайба; 11 - винт

Рисунок 1.62 - Высевающий аппарат с электронным управлением и контролем

Высевающий аппарат состоит из бункера для семян, высевающего аппарата, электродвигателя и сошников. Принцип действия аппарата аналогичен вышеописанным высевающим аппаратам с электроприводом.

1.4.10 Посев зерновых культур на гребнях

В работе [50] предлагается повышение эффективности технологического процесса посева зерновых культур на гребнях. При этом в работе также производится обоснование конструктивно-технологических параметров универсальной комбинированной сеялки. Общий вид сеялки при выполнении технологического процесса показан на рис.1.63.



Рисунок 1.63 – Технологический процесс посева зерновых культур на гребнях сеялкой КМ-2,4 «Зироткор».

Общий вид полученных всходов пшеницы, посеянной сеялкой КМ-2,4 «Зироаткор» (а) и традиционной зерновой сеялкой СЗ-3,6 рядовым способом (б) представлен на рис.1.64.



а

б

Рисунок 1.64 - Общий вид полученных всходов пшеницы, посеянной машиной КМ-2,4 «Зироаткор» (а) и зерновой сеялкой СЗ-3,6 рядовым способом (б).

1.4.11 Технология Seed on Demand и дифференцированный высев

В посевной машине Horsch Maestro (см. рис.1.40, 1.41) используется точная система подачи посевного материала под названием Seed on Demand, или "каждое семя - по требованию". В данной сеялке дозаторы с электрическим приводом включаются индивидуально в соответствии с заранее установленной нормой. Датчики высевальной системы считывают не только количество семян, но и интервал между ними, что позволяет оператору получать не только информацию о «пропусках» и «двойниках», но и коэффициент вариации посева в отдельных рядках. Это позволяет оператору вовремя оптимизировать нагрузку машины в соответствии с конкретными условиями [16].

Данная технология взаимосвязана с технологией дифференцированного посева, то есть посева с различными нормами в пределах одной культуры на одном участке. Более подробно проблематика и технические средства дифференцированного посева будет рассмотрена в главе 4 монографии.

Выводы по первой главе

1. Интенсивные технологии выращивания сельскохозяйственных культур обеспечивают существенный прирост урожайности, но при этом увеличиваются материальные, трудовые и денежные затраты. Внедрение в производство ресурсосберегающих технологий возделывания и технических

средств для их реализации дает возможности снизить себестоимость продукции и работ.

2. Несоответствие существующей посевной техники современным требованиям обуславливает необходимость поиска и совершенствования новых видов высевающих аппаратов и систем посевных машин с иными принципами работы, для соответствия требованиям и технологиям. Поэтому в настоящее время актуальным является вопрос разработки и внедрения в производство принципиально новых видов сельскохозяйственной техники с минимальной энергетикой производства и эксплуатации, автоматизацией рабочего процесса и возможностью его управляемости на каждом участке перемещения машины и в любой момент времени ее функционирования
3. В результате работы научной и изобретательской мысли, направленной в основном, на повышение качества выполнения процесса высева, были заложены различные оригинальные принципы работы и конструкции высевающих систем и способы их применения.
4. К перспективным направлениям, которые могут быть использованы при создании и совершенствовании высевающих аппаратов и систем, относится использование различных вибрационных и импульсных методов в процессе формирования исходного потока посевного материала.
5. Однако, несмотря на преимущества вибровысева и разнообразие конструкций высевающих аппаратов и систем, многие предлагаемые технические решения по применению в посевных машинах вибрации посредством механических устройств не нашли широкого распространения.
6. В настоящее время имеет место вепольное развитие высевающих аппаратов и систем посевных машин. В вепольных системах развитие идет в направлении перехода от механических полей к электромагнитным, увеличению дисперсности веществ и числа связей между элементами, что соответствует тенденции, по которой электромагнитные поля получают широкое распространение в техническом обеспечении АПК.
7. Электроэнергия обладает наиболее высокой способностью ее простого преобразования в другие виды энергии, большой концентрацией в единице объема и массы электроустановок, легкой делимостью по виду, мощности и напряжению, гибкой управляемостью и передачей на расстояние, высокой гигиеничностью и сохранностью окружающей среды. В связи с этими свойствами существующие технологии по мере возможности заменяются на электротехнологии, в которых рабочим органом может быть непосредственно электрическая энергия, напряжение, ток, электромагнитное поле.
8. Как показывает опыт применения электрических передач, на их основе возможна реализация гибкой компоновки и упрощение кинематических связей. Они также более предрасположены к автоматизации и плавному

регулированию и оказываются экономически целесообразными в применении даже при использовании нерегулируемого привода.

9. В сельскохозяйственной технике необходимость в электроприводе выросла в связи с тем, что технические средства становятся сложнее и производительнее, увеличиваются функциональные возможности и, соответственно, необходим развитый поток мощности с ее минимальными потерями, так как механический привод слишком усложняется, а у гидравлического привода недостаточный КПД.
10. Практика применения высевальных аппаратов и систем посевных машин показывает, что является рациональным совмещение вибродозирующего элемента с электроприводом. Это решение нашло отражение в широком спектре устройств, получивших название вибродискретных высевальных аппаратов. Благодаря такому устройству высевальной системы, расширяются технологические возможности процесса посева семян, а именно расширяется диапазон норм посева, диапазон посевных культур, повышается качество посева, снижается повреждение посевного материала, уменьшается потребление электроприводом энергии и облегчается обслуживание высевальной системы. В целом исследования, посвященные обоснованию параметров и режимов механизированного посева семян аппаратами с электромагнитной системой дозирования семян, являются актуальными и имеют большое народнохозяйственное значение.
11. Однако применение электропривода и его систем управления зачастую затруднено в связи с тем, что они находятся под воздействием влаги, вредных испарений и повышенных температур, что требует специальной защиты, повышает стоимость аппаратуры и снижает ее надежность.
12. Новые возможности для построения надежных, простых в обслуживании и недорогих устройств для механизации процесса посева и систем его автоматического управления появились с созданием элементной базы пневмоники. Средства пневматической техники не только надежнее электронных, но и гораздо дешевле. Пневмоника уже занимает монопольное положение в таких областях техники, где использование электроники невозможно или затруднительно. Поэтому в данной монографии далее рассматриваются возможности и перспективы применения пневмоструйных элементов и устройств в высевальных аппаратах и системах посевных машин.

ЛИТЕРАТУРА

ЛИТЕРАТУРА К ВВЕДЕНИЮ

1. Бойко А. Проблемы совершенствования и тенденции развития посевной техники [Текст] / А. Бойко, Н. Свирень, П. Сысолин, Н. Петренко // Техніка АПК. - 2000. - №11-12. – С.8-10.
2. Жук З.Я., Кругляков Ю.А. Техническое оборудование для специализированных агрокомплексов Будущего [Текст] / З.Я. Жук, Ю.А. Кругляков // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1985. - №4. – С.3-6.
3. Мухин С.П. Систематизация высевяющих аппаратов машин посевного комплекса (механические высевяющие аппараты) [Текст] // Достижения Науки и Техники АПК. – 1992. - №7. – С. 33-35.
4. Повышение эксплуатационно-технологической эффективности сельскохозяйственной техники [Текст] / Л.В. Погорелый. - К.: Техніка, 1990. - 176с.
5. Свентицкий И.И. Биоэнергетические аспекты системных решений в высокоинтенсивном земледелии [Текст] / И.И. Свентицкий // Техника в сельском хозяйстве, 1988. - №3. – С.46-50.
6. Соклаков В.В. Режимы и параметры универсальной дозирующей системы дифференцированного высева семян: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01. - Зерноград, 2003. - 179с.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 1

1. Альт В. В. Концепция развития посевных машин / В. В. Альт, С. Г. Щукин, В. А. Вальков // Достижения Науки и Техники АПК. – 2008. - №9. - С.44-48.
2. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука: Теория решения изобретательских задач. - М.: «Советское радио», 1979. - 176с.
3. Артёмьев В.В. Ультразвуковые виброударные процессы. Монография. — Мн.: БНТУ, 2004. — 258с.
4. Астахов В.С. Механико-технологические основы посева сельскохозяйственных культур сеялками с пневматическими системами группового дозирования: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.01 / С.-Петербург. гос. аграр. ун-т.- Горки, 2007. - 377с.
5. Асташев В.К. Инновационные авторезонансные вибротехнологии / В.К. Асташев, В.Л. Крупенин // "Современные наукоемкие технологии", №7, 2008. – С.84-85.
6. Багаев А.А. Проблемы энергоэффективной вибротехнологии / А.А. Багаев, Ю.А. Осокин // Ползуновский альманах, 2009, №2. – С.149.
7. Беспямятнова Н.М. Управляемый синтез почвообрабатывающих и посевных машин по частотным характеристикам // «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №4, 2004. – С.11-13.

8. Богульский И.О. Имитационная модель для оптимизации конструкции и режима работы вибрационного высевающего аппарата / И.О. Богульский, А.А. Вишняков, Н.А. Богульская // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №08(042). - С.104–112.
9. Бойко А. Проблемы совершенствования и тенденции развития посевной техники / А. Бойко, Н. Свирень, П. Сысолин, Н. Петренко // Техніка АПК. - 2000. - №11-12. – С. 8-10.
10. Бородин И.Ф. Роль энергии в развитии земледельческой механики / Сборник докладов пленарного заседания международной конференции «Земледельческая механика на рубеже столетий». – ТГАТА, Мелитополь, 2001. – С.37-42.
11. Бричагина А.А. Повышение эффективности работы высевающего аппарата зерновой сеялки: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Бричагина Анастасия Александровна; [Место защиты: Краснодар. гос. аграр. ун-т]. - Иркутск, 2008. - 151с.
12. Будагов А.А. Предпосылки создания зерновой сеялки точного высева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1980.- №3.-С.9-11.
13. Будагов А.А. Об агротехнических требованиях к зерновым сеялкам // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1985. - №7. – С.24.
14. Бузенков Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма. - М.: «Машиностроение», 1976. – 272с.
15. Булавин С.А., Мачкарин А.В. Вибрационный высевающий аппарат [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/230/2300183.html>
16. Быстро – точно – универсально [Электронный ресурс]. URL: http://www.ropa.in.ua/informatsiy/novay_seylka_tochnogo_vyiseva_horsch_maestro/
17. В скором времени может появиться сеялка со скоростью посева 20 км\час. Агромир. [Электронный ресурс]. URL: <http://wiki.ru/sites/agromir/id-news-485865.html>
18. Вагин И.В. Повышение качества высева семян зерновых культур пневмосеялкой с электроприводом высевающего аппарата и вентилятора : автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Вагин Иван Владимирович; [Место защиты: Пенз. гос. с.-х. акад.] - Пенза, 2010. - 19с.
19. Валиев Б.Р. Конструктивные особенности высевающих секций сеялки для совмещенного высева двух культур / Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития АПК. Материалы Международной научно практической конференции в рамках XXIII-й международной специализированной выставки «агрокомплекс–2013» 12-15 марта 2013г. Часть I. - С.323-325.
20. Валиев Б.Р. Технические особенности высевающих секций сеялки для совмещенного высева двух кормовых культур / Российский электронный научный журнал. Изд-во: Башкирский государственный аграрный университет (Уфа). – 2013. - №2. – С.4-6.

21. Валуев В.Н. Совершенствование процесса высева семян двух культур пневмомеханическим высевающим аппаратом: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Азово-Черноморск. гос. агроинженер. акад. Зерноград, 2004. - 18с.
22. Васильев С.И. Теоретическое обоснование параметров комплексного воздействия электрическим полем на поток семян в процессе их высева // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. XLIII междунар. науч.-практ. конф. № 2(39). – Новосибирск: СибАК, 2015. – С.13-18.
23. Вепольный анализ [Электронный ресурс]. URL: http://studopedia.ru/3_3228_vepolniy-analiz.html
24. Вибрационный высевающий аппарат. Патент РФ 2448446. Казаров К.Р., Турищев А.В., Евсюкова В. П., Лукина И.К. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2448446>
25. Вибрационный высевающий аппарат сеялки. Вишняков А.А., Вишняков А.С., Астафьев И.К., Романов В.С., Клак А.И. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2530517>
26. Вибрация “изменяет законы механики” [Электронный ресурс]. URL: <http://rhythmodynamics.com/articles/blehman.htm>
27. Висівна система. Патент України №28119. Іллін О. М., Ковшарь В.М. [Электронный ресурс]. URL: <http://uapatents.com/4-28119-visivna-sistema.html>
28. Вишняков А.А. Технологический процесс и технические средства многоструйного вибрационного высева семян сельскохозяйственных культур: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01, Красноярск, 2006. - 396с.
29. Вишняков А.С. Агротехническая оценка сеялки с комбинированными вибрационными высевающими аппаратами / А.С. Вишняков, В.А. Козлов, А.А. Вишняков, Ар.А. Вишняков // Вестник Красноярского ГАУ. Изд-во: Красноярский ГАУ (Красноярск). – 2011. - №7. – С.175-180.
30. Вишняков А.С., Вишняков А.А. Многоструйный вибрационный аппарат сеялки / А.С. Вишняков, А.А. Вишняков // «Техника в сельском хозяйстве». – 2003. - №3. – С.3-5.
31. Віброгравітаційна висівача система. Номер патенту: 21339. Автори: Висоцька Н.Д., Вальянов Д.Г. [Электронный ресурс]. URL: <http://uapatents.com/2-21339-vibrogravitacijna-visivayucha-sistema.html>
32. Внуков И.Е. Направления совершенствования высевающих систем зерновых пневматических сеялок / И.Е. Внуков, Н.И. Любушко // Тракторы и сельхозмашины. - 1988. - №1. – С. 23-27.
33. Волошин М. Перспективна техніка для посіву дрібнонасінних культур: сівалки СЗТ-5,4 та СЗ-5,4-06 «Клен» // Техніка АПК. - 2008. - №3-4. - С.36-38.
34. Высевающая система. Патент №2056716. Авторы: Сухин В.С., Ковшарь В.М., Ильин А.М. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/205/2056716.html>
35. Высевающее устройство BioDrill 360 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.standartagro.ru/tekhnika-po-proizvoditelyu/vaderstad/sternevye-seyalki/biodrill-360>

36. Высевающее устройство Vaderstad Bio Drill [Электронный ресурс]. URL: <http://agrouk.ru/s-vaderstad/108---vaderstad--bio-drill>
37. Высевающие аппараты пропашных сеялок [Электронный ресурс]. URL: <http://hoztehnika.ru/2011-07-17-11-40-42/2011-07-18-03-10-53/288-vusevauschie-aparatu-propashnuh-seyalok.html>
38. Высевающий аппарат. Патент РФ 2377756. Трофимов П.Ф., Квашнин Э.М., Ковалёв С.Г., Бехтер Е.Н., [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/237/2377756.html>
39. Высевающий аппарат. Патент РФ 2481762. Габдуллин А.Г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/248/2481762.html>
40. Высевающий аппарат сеялки. Патент РФ №2310311. Вишняков А.А., Вишняков А.С., Богульский И.О., Богульская Н.А., Каркавин Д.А., Козлов В.А. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2310311>
41. Высевающий аппарат точного высева с электронным управлением. Номер охранного документа 0002548950. Котов Д.Н., Бекетов Я.М., Маслова Е.С., Машков С.В. [Электронный ресурс]. URL: <https://edrid.ru/rid/216.013.442c.html>
42. Высевающий аппарат точного высева семян с электромагнитами. Номер патента: 435777. Авторы: Кутеницын В.К., Иванов В.П., Еремеевский Е.П., Востров А.П. [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/2-435777-vysevayushhijj-apparat-tochnogo-vyseva-semyan.html>
43. Высевающий аппарат. Гордеев Б.С., Кошурников А.Ф., Гусинцев Ф.Г. [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/3-528901-vysevayushhijj-apparat.html>
44. Высевающий аппарат. Курзов П.К., Антоненко И.Я., Одегдалов М.П., П.И. Рыбчинский, Бандуровский Д., Поспелов А.М., Савицкий Т.Я., Ножной М.М., Кацнельсон Л.Е., Терещенко Г.Ф., Шмат С.И., Кучерей Ю.Ф. [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/3-264031-vysevayushhijj-apparat.html>
45. Высевающий аппарат. Номер патента: 2412577. Автор: Лыфарь И.В. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/241/2412577.html>
46. Высевающий аппарат. Номер патента: 791289. Авторы: Нуждов А.И., Бок Н.Б. [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/2-791289-vysevayushhijj-apparat.html>
47. Высеивающий аппарат. Номер патента: 500779. Авторы: Бок Н.Б., Нуждов А.И. [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/2-500779-vyseivayushhijj-apparat.html>
48. Гольдман Б.И. Завтра земледельческой техники / Б.И. Гольдман, А.Б. Школьников. - М. Колос, 1976 – 239с.
49. Гусев В.М. Тенденции развития конструкций пропашных сеялок (обзор) / В.М. Гусев, С.К. Иваница. - М.: Сельскохозяйственные машины и орудия, 1982. - Серия 10. - 31с.

50. Джабборов П.Н. Повышение эффективности технологического процесса посева зерновых культур на гребнях путём обоснования параметров и режимов работы универсальной комбинированной сеялки с трактором класса 1,4: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Джабборов Парвин Нозимович; [Место защиты: С.-Петербург. гос. аграр. ун-т].- Душанбе, 2013.- 127с.
51. Дринча В. Лучше меньше да лучше // Сельский механизатор. - 1998. - №12. – С. 11-12.
52. Дубровский А.А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. - Москва: Машиностроение, 1968. - 204с.
53. Евсюкова В.П. Совершенствование процесса высева семян моркови вибрационным высевающим аппаратом: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Евсюкова Валентина Петровна; [Место защиты: Мичурин. гос. аграр. ун-т]. - Мичуринск-Наукоград, 2013. - 176с.
54. Жук А.Ф. Обоснование комплекса почвообрабатывающих машин с электроприводом рабочих органов для возделывания озимых зерновых культур / А.Ф. Жук, Н.С. Кабаков, Г.Д. Суцевская // Научные труды ВИЭСХ «Электрификация мобильных и стационарных процессов в растениеводстве». – М.: ВИЭСХ, 1983. – 107с.
55. Журавлев Б.И. Пневматические сеялки. М.: Серия «Сельскохозяйственное машиностроение». – 1965. – 89с.
56. Заїка П.М. Результати польових випробувань вібраційно-дискового висівного апарату на сівбі дрібнонасінневих сільськогосподарських культур / П. М. Заїка, М. В. Бакум, Р. В. Кириченко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2009. - Вип. 39. - С. 48-53.
57. Заїка П.М., Кириченко Р.В. Вібраційно-дисковий висівний апарат для сівби дрібнонасінневих культур / П.М. Заїка, Р.В. Кириченко // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. - 2009. - Випуск 6. – С. 235-242.
58. Закон увеличения степени вепольности [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alterozoom.com/documents/10541.html>
59. Законы развития систем [Электронный ресурс]. URL: <http://www.altshuller.ru/triz/zrts1.asp#32>
60. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. - 2 - е изд., испр. и доп. - М.: Машиностроение, 1964. - 251с.
61. Иванов В.П., Баловнев К.А., Трубилин Е.И. Вибрационный высевающий аппарат [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/234/2343677.html>
62. Кабанов И.Д. Повышение технико-экономических показателей мобильных технологических агрегатов с помощью электрических передач / И.Д. Кабанов, Н.Е. Епишков, И.Я. Редько // Сборник научных трудов «Повышение технико-экономических показателей сельскохозяйственных тракторов». – Челябинск, 1985. – С.30-33.

63. Камалетдинов Р.Р. Инкрустация семян в воздушном потоке пневматической сеялки / Р.Р. Камалетдинов, Д.Ю. Широков // Материалы Всероссийской научно-практической конференции Фундаментальные основы научно-технической и технологической модернизации АПК (ФОНТИТМ-АПК-13). Издательство: Башкирский государственный аграрный университет (Уфа), 2013. – С.144-150.
64. Камалетдинов Р.Р. Модельное представление и машинный анализ процесса инкрустации семян в воздушном потоке / Р.Р. Камалетдинов, Д.Ю. Широков // Известия Международной академии аграрного образования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции Башкирского ГАУ (13–14 декабря 2012г.). - Санкт-Петербург. - Выпуск №17(2013). - С.45-49.
65. Канивец А.В. Механические колебания в технических процессах / А.В. Канивец, В.В. Дудник, А.И. Беловод, А.А. Дудников // «Вібрації в техніці та технологіях», №4(60), 2010. – С.17-19.
66. Клишин А.И. Высевающие устройства посевных машин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - №4. – 2003. - С.132-136.
67. Клишин А.И. Обоснование параметров и режимов работы вибрационного высевающего аппарата: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Клишин Алексей Иванович; [Место защиты: Сиб. науч.-исслед. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва].- Новосибирск, 2009.- 214с.
68. Клишин А.И. Тенденция развития вибрационных высевающих аппаратов, сеялок / А.И. Клишин, Е.В. Красовских, С.А. Тарасов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - №2. – 2004. - С.156-161.
69. Ключков А.В. Современная сельскохозяйственная техника для растениеводства: пособие / А.В. Ключков, В.А. Попов. – Горки. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. - 2009. - 172с.
70. Козлов В.А. Комбинированный вибрационный высевающий аппарат зерновой сеялки / А.А. Вишняков, А.С. Вишняков, В.А. Козлов // Тракторы и сельхозмашины. 2009. -№11. - С.3-5.
71. Козлов В.А. Обоснование параметров и режимов работы комбинированного высевающего аппарата вибрационного типа: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Козлов Владимир Александрович; [Место защиты: «Красноярский государственный аграрный университет»].- Красноярск, 2012. - 18с.
72. Компания Kinze выпустила первую электрическую мультигибридную сеялку [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ntpo.com/obzor-sovremennyh-tehnologii/sovremennye-tehnologii-v-selskom-hozyaistve/38827-kompanija-kinze-vypustila-pervuju-ehlektricheskiju-multi-gibridnuju-sejalku.html>
73. Королев Ю.П. Электромагнитный привод вибропитателей сыпучих материалов / «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №8, 1976. – С.30-31.

74. Косик П.О. Мехатронні системи на сільськогосподарських мобільних агрегатах // Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск 93. - Глеваха, 2009. – С.464-468.
75. Котрухова Е.С. Повышение эффективности работы посевных машин и комплексов путем разработки высевающего аппарата точного высева с электронным управлением / Е.С. Котрухова, С.В. Машков // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА. – 2014. – С.123-129.
76. Кошурников А.Ф. Пунктирный посев пропашных культур и формирование густоты насаждений: монография / А.Ф. Кошурников; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего. образов. «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015 – 218с.
77. Красовских В.С. Высевающие устройства посевных машин / В.С. Красовских, А.И. Клишин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2007. - №8. - С. 48–51.
78. Крючин Н.П. Обоснование ресурсосберегающих технологий рядового посева и совершенствование высевающих систем посевных машин: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.20.01 / Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. - 43с.
79. Крючин Н.П. Повышение эффективности распределительно-транспортирующих систем пневматических посевных машин: монография / Н.П. Крючин. - Самара: РИЦ СГСХА, 2008. – 175с.
80. Крючин Н.П. Посевные машины. Особенности конструкций и тенденции развития. Учебное пособие. – Самара: РИЦ СГСХА, 2009. – 176с.
81. Крючин Н.П. Разработка электрифицированной пневматической мини-сеялки для посева трав / Н.П. Крючин С.В. Сафонов, А.Н. Крючин // Известия Самарской ГСХА. Издательство ГСХА (Кинель). – 2012. - №3. – С.29-32.
82. Крючин Н.П. Совершенствование процесса дозирования трудносыпучих семян путем применения электрического поля / Н.П. Крючин, С.И.Васильев, А.Н. Крючин // Известия Самарской ГСХА. Издательство ГСХА (Кинель). – 2010. - №3. – С.36-40.
83. Крючин Н.П. Современные средства механизации для посева: учебное пособие. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2014. – 176с.
84. Ксеневич И.П. О перспективах развития агрегатной унификации и создания модульных энергетических средств / И.П. Ксеневич, В.В. Яцкевич // «Тракторы и сельскохозяйственные машины», №12, 1987. – С.6-11.
85. Кузнецов Б.Ф. Основные направления развития конструкций посевных машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1980. - №9. – С.13-14.
86. Кузнецов Б.Ф. Современные сеялки для посева пропашных и зерновых культур / Б.Ф. Кузнецов, Е.А. Беляев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1982. - №3. – С. 11-13.

87. Ларюшин Н.П. Обоснование выбора высевяющего аппарата для посева зерновых культур / Н.П. Ларюшин, А.Ю. Щученков // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки 5-6 февраля 2015г. Том II. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С.43-45.
88. Лихочвор В. Чи доцільно мати сівалку точного висіву зернових // Техніка АПК. - 1996. - №3. – С. 12-14.
89. Ломакин С.Г. Тенденции развития конструкций посевных машин в СССР и за рубежом / С.Г. Ломакин, Е.Л. Ревякин // Обзорная информация ЦНИИТЭИ. М.: Сельхозтехника. - 1975. - 91с.
90. Любушко Н.И. Зерновые сеялки на рубеже XXI века / Н.И. Любушко, В.Н.Зволинский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2001. - №32 – С.4-7.
91. Любушко Н.И. Направления развития конструкций зерновых сеялок точного высева / Н.И. Любушко, Ф. В. Ковлягин, Р.Н. Зинина // Тракторы и сельхозмашины. - 1982. - №11. – С. 3-4.
92. Магнитный высевяющий аппарат. Гордеев Б.С., Кошурников А.Ф., Гусинцев Ф.Г. [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/2-603356-magnitnyjj-vysvayushhijj-apparat.html>
93. Магнитный высевяющий аппарат. Патент РФ 2526643. Езаов А.К., Апажев А.К., Каскулов М.Х. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/252/2526643.html>
94. Макаров В.В. Исследование влияния процессов трения и износа на работоспособность тепловыделяющих сборок водоводяных энергетических реакторов / В.В. Макаров, А.В. Афанасьев, И.В. Матвиенко, М.В. Пучков, Ю.Н. Дроздов, В.Н. Пучков // 7-я МНТК «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР» ОКБ «ГИДРОПРЕСС», Подольск, Россия, 17-20 мая 2011г.
95. Машков С.В. Разработка высевяющего аппарата точного высева с электронным управлением / С.В. Машков, Е.С. Маслова // Вклад молодых учёных в аграрную науку. Сборн. научн. трудов по результатам Международной научно-практич. конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов, Самара, 08-09 апреля 2013г. – С.180-185.
96. Модернизация сеялок [Электронный ресурс]. URL: <http://intris.com.ua/agricultural-machinery/modernizatsiya-seyalok.html>
97. Мультигибридный посев сои и кукурузы [Электронный ресурс]. URL: <http://agrilab.com.ua/?p=4661>
98. Никифоров А.Л. Обоснование параметров и режимов работы вибрационного высевяющего аппарата рядовой сеялки: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01. - Москва, 2004. - 177с.
99. Нуруллин Э.Г., Исламов И.З., Салахов И.М. Анализ и оценка дозирующих устройств современных посевных комплексов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bestreferat.ru/referat-394452.html>
100. Общая теория систем [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bourabai.kz/dm/system.htm>

101. Общесистемные принципы и законы [Электронный ресурс]. URL: <http://helpiks.org/4-18194.html>
102. Овсянников С.А. Совершенствование технологического процесса механизированного посева семян зерновых культур машиной с электромагнитной системой дозирования норм высева: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01. - зерноград, 2000. - 23с.
103. Овсянников С.А. Эксплуатационно-технологические показатели посевного агрегата на базе сеялки СЗС-6 / С.А. Овсянников, С.В. Цымбаленко, А.А. Овсянников // «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №5, 1999. – С.31-32.
104. Панков А.А. Анализ динамики удельного тягового сопротивления рядковых сеялок / А.А. Панков, А.В. Щеглов // Збірник наукових праць КНТУ, "Техніка в с.-г. виробництві", Галузеве машинобудування, автоматизація, вип.25, частина 1, 2012. - С.61-68.
105. Панков А.А. Качественный системный анализ процессов и явлений в техническом обеспечении АПК / А.А. Панков, А.В. Щеглов // Матеріали ІХ-ї Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки, вип.1. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С.219-221.
106. Пастухов В., Бакум Н., Кириченко Р. Сеялка с вибрационно-дисковым высевающим аппаратом для посева семян овощных культур [Электронный ресурс]. URL:<http://www.ovoschevodstvo.com/journal/browse/201210/article/784/>
107. Пастухов В.І., Бакум М.В., Кириченко Р.В., Живолуп В.В. Використання сівалки з вібраційно-дисковим висівним апаратом при вирощуванні овочевих культур / В.І. Пастухов, М.В. Бакум, Р.В. Кириченко, В.В. Живолуп // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. - №11, т.2(66). – 2012. – С.240-244.
108. Пат.77066 Україна, МПК А 01 С7/16. Висівний вібраційно-дисковий апарат / М.В. Бакум, Кириченко Р.В. - № 201208261; заявл. 06.07.2012; опубл. 25.01.2013, Бюл. №2.
109. Петров А.М. Анализ конструкций высевающих аппаратов точного высева пропашных сеялок и посевных комплексов / А.М. Петров, С.В. Машков, Е.С. Котрухова // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки 5-6 февраля 2015г. Том II. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С.109-111.
110. Петров Л.Н., Соколов В.М., Соколов С.В. Вибрационный высевающий аппарат сеялки [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/4-1036275-vibracionnyjj-vysevayushhijj-apparat-seyalki.html>
111. Пневматический высевающий аппарат. Патент №2315462. Авторы: Валуев Н.В., Валуев В.Н., Галайко С.Т. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2315462>
112. Погорілий Л.В. Обґрунтування агротехнічних вимог щодо точного висіву зернових культур і технічних засобів для його здійснення / Л.В. Погорілий, М.С. Шведик // Вісник аграрної науки. – 1992. - №7. – С.40-44.

113. Привод высевающего аппарата пневматических сеялок. Патент №94799. Авторы: Курдюмов В.И., Ильдуров А.Н., Вагин И.В., Зыкин Е.С., Кузюкин А.С., Куряев А.А. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepm.ru/Models/94799>
114. Руденко Н.Е. Сеялки для посева семян пропашных культур: учебное пособие – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – 72с.
115. Ручная пневматическая сеялка точного высева. Модель MSJ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.agro-sistema.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=179:ruchnaya-pnevmaticheskaya-seyalka-tochnogo-vyseva&catid=19:2010-08-19-08-11-16&Itemid=151
116. Самоходная пневматическая мини-сеялка. Полезная модель 125430. Крючин А.Н., Котов Д.Н., Сафонов С.В., Крючин Н.П. [Электронный ресурс]. URL: <http://poleznayamodel.ru/model/12/125430.html>
117. Санжаровская М.И. Вибрационный аппарат для высева семян овощных культур (разработка сеялки с универсальными многоструйными высевальными аппаратами вибрационного типа) // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. Издательство: Центральная научная сельскохозяйственная библиотека (Москва). - №3. - 2009. – 745с.
118. Сахнов А.В. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Разработка конструкции скоростного высевающего аппарата для сеялок точного высева» // Белгород, БелГСХА. – 2013. – 52с.
119. Свірень М.О. Науково-технологічні основи підвищення ефективності роботи висівних апаратів посівних машин [Текст] : автореферат... д-р техн. наук, спец.: 05.05.11 - машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / Свірень М. О. – Кіровоград : МОН, молоді та спорту України. Кіровоградській нац. техн. ун-т, 2012. – 36с.
120. Семенихина Ю.А. Вибродискретная высевальная система для высева семян кормовых трав различной степени сыпучести // Инновации в сельском хозяйстве. – 2014. - № 5(10). - С168-172.
121. Семенихина Ю.А. Повышение качества высева семян кормовых трав вибродискретной высевальной системой: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Семенихина Юлия Александровна; [Место защиты: Азово-Черноморск. гос. агроинженер. акад.]. - Зерноград, 2013.-166с.
122. Семенов А.Н., Тронов Н.Н. Вибрационный высевальный аппарат [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/3-399220-vibracionnyjj-vysevayushhijj-apparat.html>
123. Сеялка Horsch Maestro SW [Электронный ресурс]. URL: http://www.poletehnika.com.ua/ru/item/5-seyalka_horsch_maestro_sw
124. Сеялка с автоматизированной системой регулирования густоты посева // «Земледелие». – 1997. - №2. – С.34.
125. Сеялка точного высева EDX 9000 Amazone с устройством высева и заделки семян Xpress EDX 9000-T [Электронный ресурс]. URL: http://www.newtechagro.ru/catalog/seyalka_tochnogo_vjseva_edx_9000_propas_hanaya_seyalka.html

126. Сеялки “Клён” с микропроцессорным управлением и контролем высева // Новини агротехніки. – 2006. – № 1(49). – С.35.
127. Сисолін П.В. Висівні апарати сівалок (еволуція конструкцій, розрахунки параметрів): навч. посібник для студ. вищих навч. закл. із спец. "Машини та обладнання с.-г. виробництва" / М.О. Свірень. – КНТУ, Кіровоград, 2004. - 160с.
128. Система законов развития техники (основы теории развития технических систем) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.trizminsk.org/e/21101470.htm>
129. Сівалка з вібраційно-дисковими висівними апаратами для сівби дрібнонасінневих культур [Электронный ресурс]. URL: <http://khntusg.com.ua/node/87>
130. Скользаев В.А. Влияние вибраций на истечение минеральных удобрений / В.А. Скользаев, А.С. Бойко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1971. – № 1. – С.10-12.
131. Соло для сеялки / Современная сельхозтехника. – 2007. - №1. – С.40-42.
132. Соловьёва Н.Ф. Технологии и технические средства для возделывания кукурузы на зерно. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 80с.
133. Соловьёва Н.Ф. Технологии и технические средства защиты сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 60с.
134. Строчилин М.Н., Нестяк В.С., Усольцев С.Ф. Вибрационный высевающий аппарат овощной сеялки [Электронный ресурс]. URL: <http://poleznayamodel.ru/model/5/56769.html>
135. Стрыгин С.П. Совершенствование посева капсулированных семян кукурузы с разработкой высевающего аппарата: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Стрыгин Сергей Петрович; [Место защиты: Мичуринский гос. аграр. ун-т]. - Мичуринск, 2016. - 19с.
136. Сухин В.С. Механико - технологические основы процесса дифференцированного высева семян пшеницы вибродискретными высевающими аппаратами. Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. - Краснодар, 1988. - 23с.
137. Технологии, которые изменят сельское хозяйство. Техника с электрическим приводом. [Электронный ресурс]. URL: <http://agroinform.com.ua/?p=440>
138. Титов В.С. Перспективы применения электрических передач в тракторах и машинно-тракторных агрегатах // «Тракторы и сельскохозяйственные машины». - №2. - 1977. – С.5-7.
139. ТОП-10 технологических решений будущего для сельского хозяйства [Электронный ресурс]. URL: <http://businessviews.com.ua/ru/business/id/top-10-tehnologicheskikh-reshenij-budushego-dlja-selskogo-hozjajstva-646/>
140. Усавковский В.М. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. – Москва: Знание, 1971. – 32с.

141. Устройство для посадки семян в капсулах. Патент РФ 2475012. Балашов А. В., Стрыгин С.П., Сухов А.Ал., Белогорский В.П., Тырнов Ю.А. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/247/2475012.html>
142. Фирсов А.С. Анализ конструкций высевяющих аппаратов для возделывания сельскохозяйственных культур / А.С. Фирсов, В.В. Голубев // Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. - №4(42). – С.85-88.
143. Хлыстов Е., Мжельский А. Универсальная сеялка СЗП-3,6Б с дифференцированным высевом / Е. Хлыстов, А. Мжельский // «Сельский механизатор». – 2006. - №8. – С.39.
144. Цатурян А.И. Характеристики электрифицированного гравитационного питателя мелких семян / А.И. Цатурян, А.Г. Ваниян // «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №4, 1981. – С.57-58.
145. Цыпук А.М., Эгипти А.Э. Вибрационный высевяющий аппарат сеялки [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2041588>
146. Човнюк Ю.В. Нові напрямки розвитку сільськогосподарського машинобудування, заснованого на хвильових та віброхвильових принципах / Ю.В. Човнюк, Л.А. Дяченко // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин», вип.45, Ч.1, м.Кіровоград, 2015.-С.197-205.
147. Что такое мехатроника и ее определение. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/966006/>
148. Шведик Н.С. Обоснование параметров канала для ввода семян в эжекторное устройство зерновой сеялки точного посева // Вісник аграрної науки. - 1996. - №3. – С. 58-62.
149. Электромагнитный привод вибропитателей сыпучих материалов / Ю.П. Королев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1976. – №8. – С.30-31.
150. Эффективные решения для посевных работ. Проспект фирмы Kuhn. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.kuhn.ua/internet/prospectus.nsf/0/46EB20D3C94A453CC1257ECA0036697D/\\$File/920541_RU.pdf](http://www.kuhn.ua/internet/prospectus.nsf/0/46EB20D3C94A453CC1257ECA0036697D/$File/920541_RU.pdf)
151. Яковчик С.Г. Анализ распределителей посевного материала пневматических зерновых сеялок / С.Г. Яковчик, Ю.Л. Салапура // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. - Вып.48, т.1. – Минск, 2014. - С.3-10.
152. Eikel G. Der elektronische Pillenabstand. Fachbericht Kleine Unicorn synchro – drive / G. Eikel // Profi. Magazin fur Agrartechnik. – 1995. – № 2. – S.29-33.
153. Fluid power helps feed the world // Hydraulics&Pneumatics. – 1978, №11.– P.55-57.
154. Genauer Drillen mit Elektronikregelung // Agrartechnik International. – 1983. №11. – S.30-31.

155. Holtmann W. Rubensaat mit Elektronik Kette / W. Holtmann // Profi. Magazin fur Agrartechnik. – 1997. – №5. – S.76-79.
156. Kverneland Accord DF-2. [Электронный ресурс]. URL: <http://sng.kverneland.com/Posevnaya-tehnika/Zernovye-seyalki/Sidel-nye-pnevmaticheskie-zernovye-seyalki/Kverneland-Accord-DF-2>
157. Maxidrill. Проспект фирмы Sulky. [Электронный ресурс]. URL: http://www.sulky-burel.com/mgt/resources/fichiers/MAXIDRILL_RU_01.pdf
158. Médaille d'argent Blanchot. Tracteurs & Machines Agricoles. - №825. - Mars, 1985. – S.31-32.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 2

1. Артамонов Е.И. Автоматизированное проектирование и изготовление устройств автоматики на элементах струйной техники / Е.И. Артамонов, А.М. Касимов, А.В. Балабанов, В.А. Ромакин, Л.Н. Сизова, А.Е. Артамонов, А.И. Попов, И.В. Кузичев // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2013). Труды 13-й международной конференции ИПУ РАН. Москва, 15-17 октября 2013. Под редакцией Е.И. Артамонова. - С.36-40.
2. Аулин В.В. Надёжность рабочих процессов технических средств АПК с элементами пневмоники / В.В. Аулин, А.А. Панков, Т.Н. Замота // Научный журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». - №5, 2016. – С.117-125.
3. Бородин И. Ф. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов [Текст] / И.Ф. Бородин. - М.: Колос, 1977. - 328с.
4. Бурков Ю. Г. Использование элементов струйной техники для высева семян сеялками [Текст] / Ю.Г. Бурков, В.А. Горюнов, Е.А. Дьячков // Датчики и системы. - 2009. - № 3. – С.30-32.
5. Денисов А. А. Пневматические и гидравлические устройства автоматики [Текст] / А.А. Денисов, В.С. Нагорный. – М.: Высш. Школа, 1978. – 214с.
6. Дмитриев В.Н. Основы пневмоавтоматики [Текст] / В.Н. Дмитриев, В.Г. Градецкий. – М.: Машиностроение, 1973. – 360с.
7. Елимелех И.М. Струйная автоматика (пневмоника) [Текст] / И.М. Елимелех, Ю.Г. Сидоркин. – Л.: Лениздат, 1972. – 211с.
8. Ефремова Т. Пневмоавтоматика в строю / Т. Ефремова // Работница. – 1984. - №12. – С.5.
9. Залманзон Л.А. Пневмоника. Струйная пневмоавтоматика [Текст] / Л.А. Залманзон. – М.: Наука, 1965. - 63с.
10. Залманзон Л.А. Специализированные аэрогидродинамические системы автоматического управления [Текст] / Л.А. Залманзон. – М.: Наука, 1978. – 464с.
11. Залманзон Л.А. Теория аэрогидродинамических систем автоматического управления [Текст] / Л.А. Залманзон. – М.: Наука, 1977. – 416с.

12. Залманзон Л.А. Теория элементов пневмоники [Текст] / Л.А. Залманзон. – М.: Наука, 1969. - 503с.
13. Ибрагимов И.А. Элементы и системы пневмоавтоматики [Текст]: учебник / И. А. Ибрагимов, Н. Г. Фарзана, Л. В. Илясов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая шк., 1984. – 544с.
14. Касимов А.М. Развитие пневматических средств автоматизации [Текст] / Касимов А.М. // Труды конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения». – 2010. – Москва. – С.640-652.
15. Коваль В.Я. Результаты испытаний дозирующей системы пневматического действия [Текст] / В.Я. Коваль, В.Е. Кириченко, А.В. Щеглов // Совершенствование технологического процесса и конструкций рабочих органов сельскохозяйственной техники. Сб. научн. трудов. – Харьков: ХГАУ, 1992. - С.49-54.
16. Колбиков Л.О. Струйные мосты для линейных измерений // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1972. - №12. – С.43-45.
17. Лебедев И. В. Элементы струйной автоматики [Текст] / И.В. Лебедев, С.Л. Трескунов, В.С. Яковенко. - М.: Машиностроение, 1973. – 360с.
18. Левин В. И. Профессии сжатого воздуха и вакуума [Текст] / В.И. Левин. – М.: Машиностроение, 1989. – 256с.
19. Мурзинов В.Л. Методы пневмоники в управлении струйными потоками в системах транспортирования на воздушной подушке // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (КубГАУ), 2011, №74(10). [Электронный ресурс] URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/13.pdf>
20. Пневмоника [Электронный ресурс]. URL: http://motoroller.su/akuna.org.ua/2014_pneumonika.htm
21. Попов Ю. Пневмоника / Ю. Попов, Ю. Пухначев // Наука и Жизнь. – 1965. - №1. – С.10-18.
22. Струйная техника. Энциклопедия кругосвет [Электронный ресурс] URL: http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/tehnologiya_i_promyshlennost/STRUNAYA_TENNIKA.html?page=0,1
23. Струйные логические элементы и устройства автоматического управления технологическим оборудованием / Ю.Г. Бурков, В.А. Горюнов, Г.Я.Кривошеев, Л.Ф. Шмелев. Под ред. Э.И. Чаплыгина. - М.: ВНИИТЭМР, 1989. - 64с.
24. Технические средства автоматизации. Ч.1. Пневматическая ветвь: Учеб. пособие [Текст] / М.М. Мордасов, Д.М. Мордасов, А.В. Трофимов, А.А. Чуриков. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. - 168с.
25. Федорец В.А. Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков [Текст] / В.А. Федорец, М.Н. Педченко, А.Ф. Пичко, Ю.В. Пересадько, В.С. Лысенко. Под ред. В.А. Федорца. - К.: Вища шк. Головне вид-во, 1987. - 375с.
26. Чаплыгин Э.И. Опыт разработки и внедрения струйных систем управления. // Пневмоавтоматика. - М.: Наука, 1974.

27. Чаплыгин Э.И., Берников С.Л. Струйные системы управления и область их применения // Приборы и устройства струйной техники / Под ред. И.М. Елимелеха. - Л.: Знание, 1983.- С.9-14.
28. Черновол М.И. Моделирование силовых пневмоструйных элементов высевающих аппаратов / М.И. Черновол, В.В. Аулин, А.А. Панков // Вісник інженерної Академії України, м.Київ. – 2015. – №4. – С.175-179.
29. Чернышев В.И. Струйная пневмогидроавтоматика. Под ред. В.И. Чернышева. – М.: «Мир». – 1966. – 382с.
30. Чудаков А.Д. Цифровые устройства пневмоники. М.: Энергия, 1971. - 112с.
31. Шишмарев В.Ю. Надежность технических систем [Текст] / В.Ю. Шишмарев. — М.: Академия, 2010. - 304с.
32. Щеглов А. В. Перспективная высевающая система. Критерии выбора схемы [Текст] // Наук. вісник ЛНАУ. Серія «Технічні науки». - 2010. - № 20. - С.202-206.
33. Элементы и устройства струйной техники. Под ред. Ф.А. Короткова. М., «Энергия», 1972. – 98с.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 3

1. А.с. 1034631 СССР, МКИ³ А 01 С 7/04. Пневматическая сеялка для дозирования сыпучих материалов / В. П. Иванов (СССР). – № 3320669/30-15; заявл. 20.07.81; опубл. 15.08.83, Бюл. № 30.
2. А.с. 1101190 СССР, МКИ³ А 01 С 7/04. Пневматическая сеялка / П.Я. Лобачевский, В.Я. Коваль, В.С. Сухин и др. (СССР). – № 3572153/30–15; заявл. 06.01.83; опубл. 07.07.84, Бюл. №25.
3. А.с. 1474881 СССР, А 01 С 7/00. Способ высева сыпучих материалов и устройство для его осуществления / В.Я. Коваль, В.С. Кочетков, И.В. Буйлов и др. (СССР, ВГ). - №1026680.
4. А.с. 1752227 СССР, МКИ³ А 01 С 7/00, А 01 В 49/06. Комбинированная сеялка / В.Я. Коваль, М. И. Незбрицкий, А. В. Щеглов и др. (СССР). - № 4602813/15; заявл. 09.11.88; опубл. 07.08.92, Бюл. № 29.
5. А.с. 948314 СССР, МКИЗ А 01 С 7/04. Пневматический высевающий аппарат сеялки / Д. Г. Вальянов (СССР). – № 4648820/30-15; заявл. 27.12.88; опубл. 30.09.90, Бюл. № 36.
6. А.с. 969190 СССР, МКИ³ А 01 С 7/04. Пневматическая сеялка / В. П. Иванов, А. В. Будагов, С. А. Кузнецов и др. (СССР). – № 3254203/30–15; заявл. 27.02.81; опубл. 30.10.82, Бюл. № 40.
7. Аулин В.В. Конструктивно-компоновочные схемы высевающих систем с элементами пневмоники / В.В. Аулин, А.А. Панков // Вісник інженерної Академії України, м.Київ. – 2016. – №1. – С.142-147.
8. Бурков Ю.Г. Использование элементов струйной техники для высева семян сеялками [Текст] / Ю.Г. Бурков, В.А. Горюнов, Е.А. Дьячков // Датчики и системы. - 2009. - № 3. – С. 30-32.

9. Бутанавичюс П. И. Агротехнические показатели работы высевальных аппаратов на посеве сахарной свеклы на повышенных скоростях в условиях Литовской ССР: автореф. дисс. на соискание учёной степени канд. техн. наук: спец.: 05.20.01 "Механизация сельскохозяйственного производства" / П. И. Бутанавичюс. – Каунас, 1968. - 20с.
10. Волошин М. Перспективна техніка для посіву дрібнонасінних культур: сівалки СЗТ-5,4 та СЗ-5,4-06 "Клен" // Техніка АПК. – 2008. – № 3-4. – С. 30-32.
11. Давидсон Е. И. Исследование пневматического высевального аппарата / Е.И. Давидсон, А.С. Волегов // Труды Ленинградского СХИ. – Ленинград-Пушкин, 1982. – С.30-32.
12. Залманзон Л. А. Специализированные аэрогидродинамические системы автоматического управления [Текст] / Л. А. Залманзон. – М.: Наука, 1978. – 464с.
13. Залманзон Л. А. Теория аэрогидродинамических систем автоматического управления [Текст] / Л. А. Залманзон. – М.: Наука, 1977. – 416с.
14. Коваль В.Я. Алгоритмическая модель процесса высева семян сахарной свеклы струйной дозирующей системой / В.Я. Коваль, А.В. Щеглов // Зб. наук. праць ЛДАУ. – Луганськ, 1999. – № 4(10). – С. 41-48.
15. Коваль В.Я. Исследование процесса выноса семени ячейкой-присоской барабана из семенной камеры высевального аппарата [Текст] / В.Я. Коваль, А.В. Щеглов // Зб. наук. праць ЛНАУ. Технічні науки. – Луганськ, 2005. - №49(72). - С.133-138.
16. Коваль В.Я. Результаты испытаний дозирующей системы пневматического действия / В.Я. Коваль, В.Е. Кириченко, А.В. Щеглов // Совершенствование технологического процесса и конструкций рабочих органов сельскохозяйственной техники. – Х.: ХГАУ, 1992. – С.49-54.
17. Коваль В.Я. Результаты испытания односекционного струйного дозатора для семян сахарной свеклы / В.Я. Коваль, А.В. Щеглов // Зб. наук. праць ЛДАУ. – Луганськ, 1999. – № 4(10). – С. 49-52.
18. Коваль В.Я. Совершенствование процесса высева семян сахарной свеклы высевальными системами пневматического действия // Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. - Краснодар, 1986. - 205с.
19. Коваль В.Я. Струйные системы в дозирующих устройствах сельскохозяйственных машин / В.Я. Коваль, И.В. Буйлов, А.В. Щеглов // 11-я Международная конф. по флюидике "Яблонна-88", 11-14 окт. 1988г.: доклады. – София, 1988. – С.141-148.
20. Коваль В.Я., Щеглов А.В. Исследование выброса семян пропашных культур присосками высевального аппарата / В. Я. Коваль, А. В. Щеглов // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КДТУ. – Кіровоград, 2001. – Вип.10.–С.69-74.
21. Панков А. О. Підвищення якості технологічного процесу сівби насіння круп'яних культур мобільною струминною дозуючою системою: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.20.01 "Механізація сільськогосподарського виробництва" / А. О. Панков. - Луганськ, 2000.-18с.

22. Панков А.А. Совершенствование дозирующих систем с элементами струйной техники для рядовых культур / А.А. Панков, В.Я. Коваль, А.В. Щеглов // Збірник наукових праць ЛНАУ. Серія: «Технічні науки». – Луганськ: Вид-во ЛНАУ, 2004. - №42/54. – С.126...129.
23. Пат. 2325795 Российская Федерация, МПК А01С7/04. Пунктирные сеялки (сеялки точного высева) со всасывающими устройствами или без них / Бурков Ю. Г., Горюнов В. А., Шмелев Л. Ф., Шумячер В. М., Назаренко В.А.; заявители и патентообладатели. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолгГАСУ); заявл. 01.10.06; опубл. 10.06.2008.
24. Пат. України на корисну модель №108787 // В.В. Аулін, В.Я. Коваль, А.О. Панков, А.В. Щеглов, А.В. Гриньків, Т.М. Замота. А01С 7/04. Опубл. 25.07.2016, Бюл.№14. "Пневматична висівна система".
25. Пат.2056716 Российская Федерация, МПК А01С7/00, 7/04. Высевающая система / Сухин В.С., Ковшарь В.М., Ильин А.М. (Украина); заявитель и патентообладатель Сухин В.С., Ковшарь В.М., Ильин А.М. (Украина). – №5043375; заявл. 22.05.92; опубл. 27.03.96. Бюл. №19.
26. Пневматическая высевающая система. Номер патента: 1291045. Авторы: Коваль В.Я., Кириченко В., Журба В.И., Коротченко Н.Л., Кочин П.Н., Матычак С.В. <http://patents.su/3-1291045-pnevmaticheskaya-vysevayushhaya-sistema.html>
27. Пневматический высевающий аппарат Номер патента: 628839. Авторы: Сухин В.С., Вальянов Д.Г., Коваль В.Я. <http://patents.su/2-628839-pnevmaticheskijj-vysevayushhijj-apparat.html>
28. Пневматический высевающий аппарат. Номер патента: 1113017. Авторы: Бумаков В.М., Балмуш В.И., Левенец В.Н. <http://patents.su/3-1113017-pnevmaticheskijj-vysevayushhijj-apparat.html>
29. Пневматический высевающий аппарат. Номер патента: 674712. Авторы: Вальянов Д.Г., Сухин В.С., Коваль В.Я. <http://patents.su/3-674712-pnevmaticheskijj-vysevayushhijj-apparat.html>
30. Погорелый Л.В. Машины для точного посева пропашных культур: конструирование и расчёт [Текст] / Л.В. Погорелый, В.С. Басин, В.В. Брей и др. Под ред. Л. В. Погорелого. – К.: Техніка, 1987. – 150с.
31. Сеялки “Клён” с микропроцессорным управлением и контролем высева // Новини агротехніки. – 2006. – № 1(49). – С.35.
32. Технические средства автоматизации. Ч. 1. Пневматическая ветвь: Учеб. пособие [Текст] / М.М. Мордасов, Д.М. Мордасов, А.В. Трофимов, А.А. Чуриков. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. - 168с.
33. Щеглов А.В. Определение параметров рабочего режима пневмомеханического высевающего аппарата / А. В. Щеглов // Зб. наук. праць ЛНАУ. – Луганськ, 2003. – № 31(43). – С. 229-233.
34. Щеглов А.В. Перспективная высевающая система. Критерии выбора схемы / А.В. Щеглов // Наук. вісник ЛНАУ. Серія «Технічні науки». - 2010. - № 20. - С.202-206.

35. Щеглов А.В. Повышение эффективности технологического процесса пунктирного высева семян подсолнечника струйной пневмомеханической системой: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Андрей Викторович Щеглов; – Луганск, ЛНАУ. - 2009. – 197с.
36. Щеглов А.В. Совершенствование пневматических высевающих аппаратов [Текст] / А.В. Щеглов, А.А. Панков // Наук. вісник ЛНАУ. Спеціальний випуск. - 2011. - №30, серія «Технічні науки». – С. 338-341.
37. Fluidic Feedback Interfaces Seed Meter and Monitor. - Machine Design, 1973, vol.3, Febr.8.
38. Le Pori W.A., Porterfield I.G., Fitch E.C. Fluidik Control of Seed Metering. - Transaction of the ASAE, 1974, vol.17, No. 3.
39. Pankov A., Zamota T., Shcheglov A. 2014. The research of application and working process of fluid-jet elements and devices in planting techniques. ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. Vol.14, № 1, Lublin, 191-199.
40. Roger P. Rohrbach, Kun Ha Kim. A Fluidic Seed Meter? - Transactions of ASAE, 1972, vol. 15, No. 6, p. 1003 - 1004, 1009.
41. Sur les stands du Sima. Schmotzer // Tracteurs & Machines Agricoles. – Mars, 1988. – № 882 – S.28-30.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 4

1. Agri 2,0. Точное земледелие. Решения для точного земледелия от Agri 2,0. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agri2.ru/upload/iblock/57b/57b721285ceb2c01a9943e9335452066.pdf>
2. Адамчук В.В. Точное земледелие: сущность и технические проблемы / В.В. Адамчук, В.К. Моисеенко // "Тракторы и сельскохозяйственные машины". - 2003. - №8. – С.4-7.
3. Альт В.В. Информационные технологии в земледельческой механике как инструмент её развития // Экология и сельскохозяйственная техника. Т.2. Экологические аспекты производства продукции растениеводства, мобильной энергетики и сельскохозяйственных машин: Материалы 4-й Научно-практической конференции. – СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2005. – С.27-33.
4. Анискевич Л.В. Принципы построения высевающих систем в точном земледелии / Л.В. Анискевич, А.Н. Попович // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. научн.-техн. конф. (Минск, 22-23 окт. 2014г.): в 3т. Т.2. - Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – С.26-32.
5. Аніскевич Л. Система точного землеробства: ефективність і веління часу / Л. Аніскевич, Г. Гаврилюк, О. Ямков // Пропозиція. - 2000. - №6. - С.96-97.
6. Аніскевич Л.В. Комплексна навігаційна система машинно-тракторного агрегату для технологій точного землеробства / Л.В. Аніскевич // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.-Кіровоград: КНТУ, 2006.-Вип.36.-С.3-12.

7. Аніскевич Л.В. Сенсор-технологія в точному землеробстві // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 1998. - Вип.9. - С.70–72.
8. Аніскевич Л.В. Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства [Текст]: автореферат дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11 / Л.В. Аніскевич; Національний аграрний університет. – Захищена 26.04.2005. - К., 2005. - 36с.
9. Аніскевич Л.В. Управління системами високоточного дозування технологічних матеріалів // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК . - №196 (2014). - С.264-277.
10. Аніскевич Л.В., Попович О.М. Система для реалізації змінних норм сівби. [Електронний ресурс]. URL: <http://elibrary.nubip.edu.ua/7089/1/alv1.pdf>
11. Аніскевич, Л.В., Попович, О.М. Система для реалізації змінних норм сівби. [Електронний ресурс]. URL: <http://elibrary.nubip.edu.ua/7089/>
12. Аулин В.В. Поточно-програмное регулирование рабочих параметров мобильных технологических машин / В.В. Аулин, А.А. Панков, А.Г. Стахорская // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2016. - Poland, Lublin. - Vol.18. - No.2. – P.25-32.
13. Балабанов В.И. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. – 148с.
14. Балабанов В.И. Технологии точного земледелия и опыт их применения / В.И. Балабанов, Е.В. Березовский // Вестник Глонасс. –2011.–№ 1.–С.20-25.
15. Белавцева Т.М. Технологии точного земледелия, их перспективы и возможности использования на мелиорированных землях: Научно-технический обзор. - М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 110с.
16. Бойко А.І. Модель функціонування пневматичної висівної системи для технологій точного землеробства / А.І. Бойко, М.О. Свірень // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2006. Вип.36. - С.13-18.
17. Висіваюча система сівалки для точного землеробства. Номер патенту: 29525. Автори: Войтюк Д.Г., Ямков О.В., Бернхардт Г., Гаврилюк Г.Р., Аніскевич Л.В. [Електронний ресурс]. URL: <http://uapatents.com/5-29525-visivna-sistema-sivalki-dlya-tochnogo-zemlerobstva.html>
18. Войтюк Д.Г. Інформаційні технології точного землеробства / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.А. Михайлевський // Промышленные измерения, контроль, автоматизация, диагностика. - 2004. - №1. - С.28-31.
19. Войтюк Д.Г. Методи реалізації системи точного землеробства / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, Г.Р. Гаврилюк, М.С. Волянський // Науковий вісник Національного аграрного університету. - 1998. – Вип.9. - С.67–69.
20. Войтюк Д.Г. Технічні проблеми точного землеробства в Україні / Д.Г. Войтюк, В.І. Кравчук, А.А. Кошовий, Г.Л. Баранов // Вісник аграрної науки. - 2000. - №9. - С.41-46.

21. Гидравлический двигатель OmniRow. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.grenekramp.ru/shop-de/ru/158851/984827/0/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE-%D0%B3%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9+%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C+Raven+Omnirow>
22. Дифференциальные уравнения для сеялки. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zerno-ua.com/journals/2012/sentyabr-2012-god/differencialnye-uravneniya-dlya-seyalki>
23. Дифференцированный высев семян с системой Raven OmniRow. [Электронный ресурс]. URL: http://agri2.ru/news/novosti-i-sobytiya/differentsirovannyy_vysev_semyan_s_sistemoj_raven_omnirow/
24. Завражнов А.И. Практикум по точному земледелию: Учебное пособие / А.И. Завражнов, М.М. Константинов, А.П. Ловчиков, А.А. Завражнов, Н.В. Зелёва, А.П. Козловцев, М.Р. Курамшин, В.Г. Кушнир, С.В. Машков, Б.Н. Нуралин, А.А. Шошин. Под ред. Константинова М.М. – Изд-во «Лань», 2015. - 224с.
25. Зачем нужны карты Veris? [Электронный ресурс]. URL: <http://agri2.ru/product/skanirovanie-pochvy-veris/zachem-nuzhny-karty-veris/>
26. Инновация: сеялка для дифференцированного сева с катушечно-штифтовым высевающим аппаратом. [Электронный ресурс]. URL: <http://kiev.all.biz/innovaciya-seyalka-dlya-differencirovannogo-seva-s-g11343690#.V6RAvhLBj6i>
27. Кашубо Н.Д. Управление инновационными процессами в АПК / Н.Д. Кашубо // АПК: экономика и управление. - 2007. - №4. - С.51-56.
28. Клочков А.В. Механизация и компьютеризация сельскохозяйственного производства в XX веке и современные перспективы / А.В. Клочков // Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2007.- №2 – С.3-6.
29. Кобченко С.Н., Медведев Э.Ю. Адаптивные элементы сеялок точного высева // В сб.: Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. - Курск: изд. Курской ГСХА, 2015. - С.30-31.
30. Кравчук В. Приоритетные направления научных исследований в прогнозировании, испытании и сертификации техники и технологий для АПК // Техніка АПК. - 2008. - №1. - С.6-7.
31. Лобов В.Й. Застосування новітніх технологій висіву просапних культур / В.Й. Лобов, І.І. Дубовик // Збірник наукових праць КНТУ, "Техніка в с.-г. виробництві", Галузеве машинобудування, автоматизація, вип.27, 2014. - С.156-161.
32. Марченко Н.М. Машинные технологии для дифференцированного внесения удобрений / Н.М. Марченко, Г.И. Личман // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1999. - №12. - С.32-34.

33. Мехатроника - что это такое? Основы мехатроники. [Электронный ресурс]. URL: fb.ru/article/235561/mehatronika---chto-eto-takoe-osnovyi-mehatroniki-mehatronika-i-robototehnika-spetsialnost-kem-rabotat
34. Модернизация сеялок [Электронный ресурс]. URL: <http://intris.com.ua/agricultural-machinery/modernizatsiya-seyalok.html>
35. Нукешев С.О. Некоторые результаты экспериментальных исследований дозирующей системы зернотуковой машины с блоком контроля и управления / С.О. Нукешев, Д.З. Есхожин, Н.Н. Романюк, Е.С. Ахметов, К.Д. Есхожин, Е.А. Золотухин, К.М. Тлеумбетов // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный). – 2015. - №1(84). – С.198-207.
36. Нукешев С.О. Результаты экспериментальных исследований автоматизированной дозирующей системы машины для дифференцированного применения семян и удобрений / С.О. Нукешев, Д.З. Есхожин, Г.И. Личман, Е.С. Ахметов, К.Д. Есхожин, Е.А. Золотухин // Новости науки Казахстана. - №1(127). – 2016. - С.180-197.
37. Оборудование для точного земледелия. [Электронный ресурс]. URL: Ravenhttp://agrilab.com.ua/?page_id=1669
38. Овсянников С.А. Совершенствование технологического процесса механизированного посева семян зерновых культур машиной с электромагнитной системой дозирования норм высева: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01. - зерноград, 2000. - 23с.
39. Пархоменко Ю.М. Автоматизація процесу висіву просапних культур сівалкою СУПН-8 за технологією точного землеробства / Ю.М. Пархоменко, М.Д. Пархоменко, М.О. Ліккей // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. - Кіровоград: КНТУ, 2014. - Вип.27. - С.251-259.
40. Перспективы использования точного земледелия при производстве растениеводческой продукции. Беленков А.И. [Электронный ресурс]. URL: <http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/perspektivy-ispolzovanija-tochnogo-zemle.html>
41. Пневматический высевающий аппарат с регулируемой дозирующей системой. Патент №2530154. Синенков Д.В., Дёмин С.Б. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2530154.html>
42. Пневмоімпульсний висівальний апарат для сівалки точного землеробства. Номер патенту: 44525. Федорчак В.В., Бойко А.І., Свірень М.О., Амосов В.В. [Електронний ресурс]. URL: <http://uapatents.com/2-44525-pnevmoiimpulsnijj-visivnijj-apatat-sivalki-dlya-tochnogo-zemlerobstva.html> 19.
43. Погорілий Л. Інформаційна технологія системи точного землеробства / Л. Погорілий, М. Осипов, А. Пашко, О. Соломаха // Техніка АПК. - 2000. - №10. - С.21-22.
44. Приборное и программно-аппаратное обеспечение информацией систем точного земледелия. [Электронный ресурс]. URL: <http://selo->

delo.ru/zemledelie/30-pribornoe-i-programmno-apparatnoe-obespechenie-informatsiej-sistem-tochnogo-zemledeliya?showall=1&limitstart=

45. Пристрій для керування розподілом технологічного матеріалу в системі точного землеробства. Номер патенту: 75760. Автори: Сівак І.М., Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г. [Електронний ресурс]. URL: <http://uapatents.com/3-75760-pristriij-dlya-keruvannya-rozpodilom-tekhnologichnogo-materialu-v-sistemi-tochnogo-zemlerobstva.html>
46. Про житочный минимум. [Электронный ресурс]. URL: http://www.business.ua/tehnology/Pro_zhitochnyy_minimum-329707/
47. Сарахан Е. В. Информационные технологии в прецизионном земледелии // Компьютерные средства, сети и системы. - 2010. - № 9. - С.82-91.
48. Свірень М.О. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів висівних апаратів для систем точного землеробства / М.О. Свірень, С.М. Лещенко // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. - №41, 2012. - С.210-220.
49. Сеялки точного высева серии 1700 и серии db с высевающими секциями maxemerge xp и pro-series xp. [Электронный ресурс]. URL: http://act.su/sites/default/files/tech/seyaliki_tochnogo_vyseva.pdf
50. Сівак І.М. Математична модель системи надійності керування процесами дозування і перерозподілу мінеральних добрив в технологіях керованого землеробства. [Електронний ресурс]. URL: http://khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik_128/48.pdf
51. Сівак І.М. Обґрунтування параметрів регулювання розподільника мінеральних добрив в системі точного землеробства: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / І.М. Сівак; наук. кер. Д. Г. Войтюк; Нац. аграр. ун.-т. - К., 2008. - 21с.
52. Сівалка для диференційованої сівби з вібраційним висівним апаратом. Номер патенту: 80351. Автори: Аніскевич Л.В., Броварець О.О., Онищенко В.Б. [Електронний ресурс]. URL: <http://uapatents.com/4-80351-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-vibracijnim-visivnim-aparatom.html>
53. Сівалка для диференційованої сівби з вібраційним висівним апаратом. Номер патенту: 100963. Автори: Онищенко В.Б, Аніскевич Л.В, Броварець О.О. [Електронний ресурс]. URL: <http://uapatents.com/4-100963-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-vibracijnim-visivnim-aparatom.html>
54. Сівалка для диференційованої сівби з катушково-штифтовим висівним апаратом. Номер патенту: 100962. Автори: Броварець О.О., Аніскевич Л.В., Онищенко В.Б. [Электронный ресурс]. URL: <http://uapatents.com/4-100962-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-kotushkovo-shtiftovim-visivnim-aparatom.html>
55. Сівалка для диференційованої сівби з катушково-штифтовим висівним апаратом. Номер патенту: 80053. Автори: Аніскевич Л.В., Онищенко В.Б., Броварець О.О. [Електронний ресурс]. URL: <http://uapatents.com/4-80053-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-kotushkovo-shtiftovim-visivnim-aparatom.html>

56. Сівалка для диференційованої сівби з пневматичним висівним апаратом. Номер патенту: 80054. Автори: Аніскевич Л.В., Броварець О.О., Онищенко В.Б. [Електронний ресурс]. URL: <http://uapatents.com/4-80054-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-pnevmatichnim-visivnim-aparatom.html>
57. Соклаков В.В. Режимы и параметры универсальной дозирующей системы дифференцированного высева семян: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01. - зерноград, 2003. - 179с.
58. Способ управления дозирующей системой сеялки и устройство для его осуществления. Патент номер: 2273979. Авторы: Соклаков В.В., Липкович Э.И., Чекрыгина И.М., Беспмятнова Н.М. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/227/2273979.html>
59. Теорія втрати працездатності та управління процесом висіву за точного землеробства Свірень М., Бойко А., Лещенко С. [Електронний ресурс]. URL: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/Chem_Biol/Vldau/Agroing/2012_16/files/12svnaea.pdf
60. Технологічні трансформації в агропромисловому виробництві України: тенденції та результати. Россоха В.В., Соколов Д.О. [Електронний ресурс]. URL: <http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/2901/Rossokha.pdf?sequence=1>
61. Точное земледелие – инновация в системе ресурсосберегающего земледелия. [Электронный ресурс]. URL: <http://mex-consult.ru/d/77622/d/tochnoe-zemledelie.pdf>
62. Точное земледелие – ресурсосберегающее земледелие [Электронный ресурс]. URL: <http://kas32.com/post/view/21>
63. Точное земледелие в Украине [Электронный ресурс]. URL: <http://b-logbook.info/technology/agro-technology/precision-agriculture.html>
64. Точное земледелие для АПК Беларуси. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agro.by/press-center/stati/102-tochnoe-zemlede->
65. Точное земледелие повышает рентабельность растениеводства [Электронный ресурс]. URL: <http://b-logbook.info/interview/tochnoe-zemledelie-povyishaet-rentabelnost-rastenievodstva.html>
66. Точное земледелие: технология и принципы [Электронный ресурс]. URL: http://garden-bed.ru/tochnoe_zemledelie.php
67. Точность в простоте. [Электронный ресурс]. URL: http://ru.ravenprecision.com/_onelink_/ravenindustries/en2ru/pdfs/assets/users/general/Raven_Product_Catalog_SP14.pdf
68. Универсальная автоматизированная система дифференцированного высева семян "Урожай". [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ptechology.ru/MainPart/CelHozTech/CelHozTech7.html>
69. Устройство для автоматического регулирования технологического процесса сельхозмашины. Патент на изобретение № 2460268. Авторы: Измайлов А.Ю., Гончаров Н.Т., Хорошенко В.К., Афонина И.И., Мальцев Н.В., Фалеев А.П., Ксенофонтов Н.П., Сизов О.А. [Электронный ресурс]. URL: <http://agroinvent.ru/15/izb162.htm>

70. Устройство для посева с переменной нормой высева. Номер патента: 1544230. Авторы: Коганов А.Б., Ибрагимов Х.Н., Елкин В.А., Хохлов А.В. [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/5-1544230-ustrojstvo-dlya-roseva-s-peremennojj-normojj-vyseva.html>
71. Хлыстов Е. Универсальная сеялка СЗП-3,6Б с дифференцированным высевом / Е. Хлыстов, А. Мжельский // «Сельский механизатор». – 2006. - №8. – С.39.
72. Шевченко И.А. Применение информационных технологий в сельскохозяйственном производстве / И.А. Шевченко, А.А. Пашко // Техніка АПК. - 2000. - №8. - С.18-19.
73. Шеповалов В.Д. Автоматика топоориентированных технологий растениеводства // Техника в сельском хозяйстве. - 2001. - №1. - С.3-6.
74. Электропривод vDrive. [Электронный ресурс]. URL: <http://buelinginc.com/catalog/vdrive/>
75. Якушев В.В. Программно-технические средства информационного обеспечения и реализации агроприёмов в системе точного земледелия: диссертация ... кандидата технических наук: 06.01.03. - Санкт-Петербург, 2005. - 178с.
76. Omnirow®. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.steerfarm.com/category/OmniRow>
77. Precision Planting. [Электронный ресурс]. URL: <http://harvester.in.ua/content/userdata/file/precision.pdf>
78. SpeedTube. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.premiumagsolutions.com/precision-planting/monitor-system/speedtube/>

ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ 5

1. Адашь А.В. Повышение качества высева семян пневматическими зерновыми сеялками путем совершенствования шнекового питателя [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук / А.В. Адашь. - Горки, 1997. - 20с.
2. Альт В.В. Концепция развития посевных машин / В.В. Альт, С. Г. Щукин, В. А. Вальков // Достижения Науки и Техники АПК. – 2008. - №9. - С.44-48.
3. Астахов В.С. Механико-технологические основы посева сельскохозяйственных культур сеялками с пневматическими системами группового дозирования: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.01 / С.-Петерб. гос. аграр. ун-т.- Горки, 2007. - 377с.
4. Астахов В.С. Пневматические системы централизованного высева // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. - №9. - С.12-14.
5. Висівна система. Патент України №28119. Іллін О. М., Ковшарь В.М. [Электронный ресурс]. URL: <http://uapatents.com/4-28119-visivna-sistema.html>
6. Внуков И.Е. Направления совершенствования высевающих систем зерновых пневматических сеялок / И.Е. Внуков, Н.И. Любушко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1988. - №1. - С.23-27.

7. Волошин М. Перспективна техніка для посіву дрібнонасінних культур: сівалки СЗТ-5,4 та СЗ-5,4-06 «Клен» // Техніка АПК. -2008. -№3-4. -С.36-38.
8. Высевающий аппарат сеялки. Патент РФ №2310311. Вишняков А.А., Вишняков А.С., Богульский И.О., Богульская Н.А., Каркавин Д.А., Козлов В.А. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2310311>
9. Высевающий аппарат. Патент №791289. Бок Н.Б., Нуждов А.И. [Электронный ресурс]. URL: <http://patents.su/2-791289-vysevayushhijj-apparat.html>
10. Козлов В.А. Обоснование параметров и режимов работы комбинированного высевающего аппарата вибрационного типа: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Козлов Владимир Александрович; [Место защиты: «Красноярский государственный аграрный университет»].- Красноярск, 2012. - 18с.
11. Кузнецов Б.Ф. Выбор централизованной высевающей системы для мелкосемянных культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1989, №10. - С.31-32.
12. Лепешкин Н.Д. Выбор типа питателя для пневмомеханической высевающей системы зерновой сеялки / Н.Д. Лепешкин, А.Л. Медведев, Ю.Л. Салапура // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2009. – Т.1. – С.108–113.
13. Любушко Н.И. Высевающая система для пневматических зерновых сеялок и комбинированных машин / Н.И. Любушко, И.Е. Внуков, В.И. Мишин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. - №7. - С.24 - 27.
14. Овсянников С.А. Эксплуатационно-технологические показатели посевного агрегата на базе сеялки СЗС-6 / С.А. Овсянников, С.В. Цымбаленко, А.А. Овсянников // «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №5, 1999. – С.31-32.
15. Омаров А.Н. Теоретический анализ и расчет пневматической системы сеялки [Текст] / А.Н. Омаров, Ж.К. Кубашева, М.К. Бралиев // Новости науки Казахстана. - 2014. - № 1. - С. 48-56.
16. Петрусов А.И. Машины для посева, посадки и внесения удобрений. (Теория, конструкции и расчет) / А.И. Петрусов, В.Е. Комаристов – Харьков, изд-во ХГУ им. А.М. Горького, 1960. – 220с.
17. Поляк А.Я. Справочник по скоростной с.-х. технике / А.Я. Поляк, А.Д. Щупак, Н.М. Антышев. – М.: Колос, 1982. – 284с.
18. Стрыгин С.П. Совершенствование посева капсулированных семян кукурузы с разработкой высевающего аппарата: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Стрыгин Сергей Петрович; [Место защиты: Мичуринский гос. аграр. ун-т]. - Мичуринск, 2016. - 19с.
19. Сысолин П.В., Погорелый Л.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование. - К.: Феникс, 2004. - 266с.
20. Трухачев Е.Д. Совершенствование процесса высева несypучих семян кормовых растений травяными сеялками: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Трухачев Евгений Дмитриевич; [Место защиты: Ставропольский государственный аграрный университет]. - Ставрополь, 2015.- 154с.

21. Трухачев Е.Д. Энергетическая оценка привода устройства для высева нессыпучих и слабоссыпучих семян кормовых растений / Е.Д. Трухачев, В.Х. Малиев // Вестник АПК Ставрополья. – 2013. - №04(12). – С.96-98.
22. Федотов И.Д. Применение устройства привода вала высевающих аппаратов зерновых сеялок для оценки их технологической готовности по параметрам нормы равномерности высева / И.Д. Федотов, В.В. Вдовин, С.В. Стрельцов, А.В. Павлушин, В.П. Зайцев // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – №3(Часть 3) – С. 388-389.
23. Хоменко М.С. Механизация посева зерновых культур и трав. Справочник / М.С. Хоменко, В.А. Зырянов, В.А. Насонов. - К.: Урожай, 1989. - 168с.
24. Щеглов А.В. Повышение эффективности технологического процесса пунктирного высева семян подсолнечника струйной пневмомеханической системой: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Андрей Викторович Щеглов. – Луганск, ЛНАУ. - 2009. – 197с.
25. Высевающий аппарат зерновой сеялки с централизованным дозированием семян. Патент РФ №2452165. Авторы: Калугин Д.С., Кулаев Е.В., Руденко Н.Е. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2452165>
26. Sulky Maxidrill [Электронный ресурс]. URL: http://www.sulky-burel.com/mgt/resources/fichiers/MAXIDRILL_RU_01.pdf
27. Віброгравітаційна висіваюча система. Номер патенту: 21339. Автори: Висоцька Наталія Дмитрівна, Вальянов Дмитро Герасимович [Електронний ресурс]. URL: <http://uapatents.com/2-21339-vibrogravitacijna-visivayucha-sistema.html>
28. А.с. 1474881 СССР, А 01 С 7/00. Способ высева сыпучих материалов и устройство для его осуществления / В.Я. Коваль, В.С. Кочетков, И.В. Буйлов и др. (СССР, ВГ). - №1026680.
29. Крючин Н.П. Посевные машины. Особенности конструкций и тенденции развития. Учебное пособие. – Самара: РИЦ СГСХА, 2009. – 176с.
30. Яковчик С.Г. Анализ распределителей посевного материала пневматических зерновых сеялок / С.Г. Яковчик, Ю.Л. Салапура // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. - Вып.48, т.1. – Минск, 2014. - С.3-10.

Наукове видання

Панков Андрій Олександрович,

Аулін Віктор Васильович,

Черновол Михайло Іванович

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ПРОЦЕСУ ВИСІВУ
НА ОСНОВІ ЕЛЕМЕНТІВ ПНЕВМОНІКИ**

Монографія

Російською мовою

Редактор – Аулін В.В., Панков А.О.

Технічний редактор – Лисенко В.Ф.

Комп'ютерний набір – Панков А.О.