

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Проектирование и испытание сельскохозяйственной техники

**Направление подготовки (специальность) 35.03.06 Агроинженерия  
Профиль образовательной программы Технические системы в агробизнесе  
Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1 Основные направления и принципы совершенствования и создания сельскохозяйственных машин.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция № 2 Машины и орудия для обработки почвы.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Лекция №3 Машины для поверхностной обработки.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4 Лекция №4 Машины для посева и посадки.....</b>	<b>27</b>
<b>1.5 Лекция №5, 6 Машины для внесения удобрений.....</b>	<b>31</b>
<b>1.6 Лекция №7, 8 Машины для защиты растений от вредителей и болезней.....</b>	<b>39</b>
<b>1.7 Лекция №9 Машины для заготовки кормов. Мелиоративные машины.....</b>	<b>55</b>
<b>1.8 Лекция №10, 11 Проектирование сельскохозяйственных машин.....</b>	<b>64</b>
<b>1.9 Лекция №12, 13 Испытания сельскохозяйственных машин.....</b>	<b>79</b>
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>93</b>
<b>2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Изучение физико-механических свойств почвы.....</b>	<b>93</b>
<b>2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Общие принципы построения цилиндроидальных поверхностей плужных корпусов.....</b>	<b>97</b>
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Теоретические основы процесса вспашки.....</b>	<b>102</b>
<b>2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Определение рабочего объема высевающей катушки сеялки.....</b>	<b>106</b>
<b>2.5 Лабораторная работа № ЛР-5,6 Исследование работы центробежного тукового разбрасывателя.....</b>	<b>109</b>
<b>2.6 Лабораторная работа № ЛР-7 Исследование работы машин для химзащиты растений.....</b>	<b>113</b>
<b>3. Методические указания по проведению практических занятий.....</b>	<b>118</b>
<b>3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Расчет и анализ режущих аппаратов бесподпорного резания.....</b>	<b>118</b>
<b>3.2 Практическое занятие № ПЗ-2,3 Диаграмма резания, график скоростей резания, слагающая скорость вдоль лезвия, силы, действующие на нож режущего аппарата.....</b>	<b>125</b>
<b>3.3 Практическое занятие № ПЗ-4 Построение траектории планки мотовила, анализ совместной работы мотовила и режущего аппарата.....</b>	<b>140</b>
<b>3.4 Практическое занятие № ПЗ-5 Автоматизированное проектирование.....</b>	<b>151</b>
<b>3.5 Практическое занятие № ПЗ-6 Составление расчетных схем агрегатов.....</b>	<b>153</b>
<b>3.6 Практическое занятие № ПЗ-7 Проектирование СХМ с использованием ЭВМ.....</b>	<b>159</b>
<b>3.7 Практическое занятие № ПЗ-8 Испытание почвообрабатывающих машин.....</b>	<b>162</b>
<b>3.8 Практическое занятие № ПЗ-9 Испытание посевных машин.....</b>	<b>166</b>
<b>3.9 Практическое занятие № ПЗ-10 Методы испытания зерноуборочной техники.....</b>	<b>171</b>

# **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

## **1. 1 Лекция № 1 (2 часа).**

**Тема:** «Основные направления и принципы совершенствования и создания сельскохозяйственных машин»

### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1. Введение.
2. Принципы совершенствования и создания сельхозмашин.

### **1.1.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Введение.

Наиболее активной частью средств производства является техника.

Одним из принципиально важных признаков техники является ее отношение к обрабатываемому предмету. По этому признаку она делится на две группы: энергетические (двигательные) и рабочие (обрабатывающие предмет труда) машины.

Другой ее признак — многообразие. Большинство машин взаимосвязаны и дополняют друг друга, образуя в конечном итоге систему.

*Система машин* формируется как совокупность определенных ступеней.

Первая ступень — элементарная пара взаимосвязанных и взаимодействующих машин, например посевной агрегат ДТ-75М+СЗ-3,6(3) и автомобильный загрузчик семян ЗСА-7.

Вторая ступень — технологический комплекс машин, который предназначен для выполнения ряда последовательно взаимосвязанных работ с общей завершающей стадией. Эта ступень системы включает как отдельные машины, так и их элементарные пары. Для заготовки рассыпного сена с копнением и укладкой на хранение в специальном помещении применяют следующий комплекс машин: самоходная косилка-площилка Е-302; машина для ворошения скошенной массы и сгребания ее в валки ГВР-6; погрузчик-копнитель ПК-1,6А; транспортное средство ГКБ-887Б; стационарная установка для досушивания сена в хранилище УДС-300.

Комплекс машин может предназначаться как для выполнения ряда взаимосвязанных работ при производстве конкретного вида продукции, так и для выполнения работ общего назначения. Перегрузочная технология внесения удобрений при основной обработке почвы предусматривает применение следующего комплекса машин: ПЭА-1,0 (самоходный погрузчик) + ЗМУ-8 (автомобильный транспортировщик-загрузчик удобрений) + МВУ-5 (машина для внесения удобрений).

Третья ступень — это система машин для механизации возделывания, уборки и последующей доработки продукции определенной культуры, включает как отдельные

машины, так и их элементарные пары и комплексы. Характеризуя эту ступень, необходимо отметить, что она формируется не только по признаку специализации, но и с учетом почвенно-климатических условий. Так, технологический комплекс машин для обработки почв под зерновые культуры в Центральном районе Нечерноземной зоны отличает наличие тяжелых дисковых борон БДТ-7, машин с активными рабочими органами, комбинированных агрегатов типов РВК, КА-3,6. В то же время комплекс машин такого же назначения в районах ветровой эрозии почв включает культиваторы-плоскорезы-глубокорыхлители типа КПГ вместо отвального плуга, культиваторы-плоскорезы широкозахватные КПШ-9, игольчатые бороны и др.

В регионах со значительным количеством осадков и высокой влажностью почв необходима техника с повышенной проходимостью; машины для обработки почв, засоренных камнями, должны иметь специальную конструкцию с предохранительными устройствами и повышенную прочность; для обработки тяжелых заплывающих почв наиболее эффективен фрезерный тип машин.

Третья ступень все же не обладает завершенностью. В нее не входят машины общего назначения (тракторы, погрузочные и транспортные средства, машины для приготовления и внесения удобрений и средств защиты растений, основной обработки почвы), применяемые при возделывании различных культур. Из этих технических средств, а также систем машин для возделывания набора культур, свойственного тому или иному типу предприятия, формируется четвертая ступень, представляющая собой систему машин сельскохозяйственного предприятия, под которой понимают совокупность разнородных, но взаимно дополняемых машин и орудий, обеспечивающих комплексную механизацию всех работ в соответствии с основным и другими взаимосвязанными видами деятельности.

## 2. Принципы совершенствования и создания сельхозмашин.

*Система машин должна быть рациональной, отвечать следующим основным требованиям:*

- соответствовать биологическим и агротехническим особенностям возделывания сельскохозяйственных культур, прогрессивной технологии и организации производства;
- обеспечивать своевременное и высококачественное выполнение механизированных работ;
- сохранять и повышать плодородие почв;
- снижать затраты труда и средств на единицу выполняемых работ, производимой продукции, улучшать условия труда и повышать его производительность.

*Кроме того, следует учитывать общие закономерности совершенствования техники:*

- улучшение технических и эксплуатационных свойств каждой отдельной машины (облегчение управления, автоматизация переналадочных операций, более широкое применение контрольно-измерительных приборов, сокращение численности обслуживающего персонала, повышение производительности);
- универсализация и специализация энергетических и рабочих машин;
- развитие свойств гибкости машин, их комплексов и систем;
- расширение номенклатуры (ассортимента) системы машин;
- повышение экономической эффективности каждой отдельно взятой машины и всей системы.

Учитываются также сложившиеся целевые направления в создании и внедрении новых машин:

- повышение единичной мощности энергетических, грузоподъемности транспортных, пропускной способности уборочных машин;
- увеличение ширины захвата прицепных и навесных рабочих машин;
- создание машин, способных работать на повышенных скоростях;
- выявление и устранение «узких мест» в механизации отдельных и взаимосвязанных рабочих процессов;
- количественное и качественное совершенствование связующих звеньев систем машин (развитие подсистем машин);
- создание поточных линий, расширение производства машин и установок, применение которых позволяет улучшить микроклимат в животноводческих помещениях (облучение животных, регулировка светового режима и др.).

Рассмотрим ряд конкретных примеров проявления основных закономерностей развития системы машин, связанных с вопросами организации сельскохозяйственного производства.

*Универсализация машин.* Эта закономерность затрагивает прежде всего тракторы и группу самоходных уборочных машин, которые совершенствуются в направлении создания интегрального типа.

Интегральный трактор, например, характеризуется следующими свойствами:

- наличием разветвленной сети валов отбора мощности, передних, задних и боковых систем для присоединения орудий, грузовой площадки и монтажного пространства для размещения технологических емкостей (резервуаров, бункеров, кузовов);

- способностью двигаться в рабочем режиме вперед и назад;
- возможностью установки седельного устройства для агрегатирования с полуприцепом типа «тандем»;
- наличием кабинного модуля с хорошим обзором, который может устанавливаться на середине трактора, над задним и передним мостами.

Эти свойства позволяют расширить функции трактора, повысить его годовую загрузку, постепенно заменить дорогие самоходные специализированные машины с годовой загрузкой 150...300 ч, обеспечить более высокую эффективность всей системы машин. За рубежом (США, Германия, Франция) ряд фирм уже выпускает такие тракторы, в России ведутся их разработки на базе трактора ЛТЗ-155.

Примером интегрального варианта самоходных уборочных машин является созданное в Беларуси энергетическое средство «Полесье» УЭС-250 (250 л.с.) и разработанные на его основе кормо-уборочные комбайны «Полесье-700» И «Полесье-3000», которые могут выполнять работы по заготовке кормов, улучшению лугов и пастбищ, возделыванию сельскохозяйственных культур, приготовлению компостов, кормов, погрузке удобрений, дорожно-коммунальные и быть занятыми, таким образом, круглый год.

Самоходная техника независимо от того, специализированная она или универсальная, берет на себя часть тракторных работ, в чем проявляется взаимосвязь рассматриваемых энергетических средств, которая влияет на формирование их состава.

В США было замечено, что в напряженный период уборки зерновых простоявает (оказывается незанятой) часть тракторов. Приняли решение создать прицепные зерноуборочные комбайны, которые в настоящее время находятся в серийном производстве и широко применяются.

Универсальные машины, снижая потребность в специализированной технике, все же не могут полностью заменить ее. С практической точки зрения последняя меньше занята в производстве, но проще по конструкции, не требует повышенной квалификации механизаторов, частых переналадок для выполнения различных работ, ее легче включить в технологический процесс, поэтому она остается необходимой составной частью системы машин.

Универсализация рабочих машин сочетается с развитием у них *свойств гибкости*. Эти свойства связаны с часто меняющимися погодными и другими условиями. Необходимо, чтобы машина могла агрегатироваться с тракторами различных классов, обеспечивая при этом их полную загрузку, обладала способностью к переналадке для выполнения различных операций, комбинированию с другими рабочими машинами,

выполнению отдельных операций самостоятельно. Машины с такими свойствами необходимы для малых предприятий, крестьянских (фермерских) хозяйств.

Возможность агрегатироваться с тракторами различных классов, переналаживаться на выполнение операций по разным технологическим схемам, с различным числом исполнителей воплощается в настоящее время в блочно-модульном типе машин. Например, для посадки картофеля с междурядьями 70 см и более с целью возможности компоновки 1, 2, 3, 4 и 5-рядных сажалок разработан унифицированный посадочный блок-модуль, который представляет собой однорядную картофелесажалку.

Способностью к переналадке для выполнения различных операций в отдельности и в разнообразной комбинации обладает гибкая агромашина, которая может комплектоваться дисковыми и культиваторными секциями, катками, зубовыми боронами.

*Расширение номенклатуры (ассортимента) машин.* Данная закономерность определяется многообразием природных и других условий сельского хозяйства. Фирма «Джон Дир» (США) производит колесные тракторы 17 классов мощностью от 50 до 370 л. с., в то время как в России и в странах ближнего зарубежья изготавливаются всего 5 классов мощностью от 60 до 270 л. с.

Расширение номенклатуры самоходных машин имеет как преимущества, так и недостатки. С организационной и экономической точек зрения преимуществами обладают многофункциональные самоходные машины. К их числу кроме названных выше уборочных машин интегрального типа можно отнести самоходные машины высокой проходимости со сменными агрегатами для внесения удобрений ЭСВМ-7 (грузоподъемность 7 т) на базе трактора Т-150К и ЭСВМ-17 (грузоподъемность 17 т) на базе трактора К-701М.

Специализированные самоходные машины, годовая занятость которых до 300 ч (кормоуборочные комбайны КСК-100, ЯСК-100, косилки-площилки Е-302, КПС-5Г и др.), менее эффективны в сравнении с машинно-тракторными агрегатами, комплектующимися с прицепными машинами для выполнения тех же работ.

По оценкам специалистов, в среднем на каждом сельскохозяйственном предприятии в специализированных самоходных машинах «замораживается» 140 т металла и 3 тыс. л. с. энергетических мощностей.

В конкретных условиях производства набор машин ограничен. Он может быть еще более конкретен и ограничен, если система машин будет включать большую номенклатуру, давать возможность более широкого выбора.

Важнейшим целевым направлением в создании и внедрении новых машин является *повышение их эффективности* за счет улучшения конструктивных параметров.

Исследования показывают, что мощность некоторых тракторов (К-700) можно и целесообразно довести до 500 л. с. Будет повышена мощность гусеничных тракторов общего назначения до 150—180 л.с., пропашных — до 100—150, небольшого класса тяги (0,6) — до 30 л. с.

Грузоподъемность отдельных транспортных средств составит 20—25 т, пропускная способность зерноуборочных комбайнов — 10 кг в 1 с. Скорость движения машинных агрегатов можно повысить: на вспашке земель, междуурядной культивации и уборке кукурузы на силос до 12 км в 1 ч, на севе зерновых и зернобобовых культур до 14, на косьбе рядковыми жатками в валки до 16 км в 1 ч. Наибольшую ширину захвата в настоящее время (20 м) имеет агрегат, комплектующийся с бороной-мотыгой широкозахватной БМШ-20.

*Выявление и устранение «узких мест» в механизации рабочих процессов.* Это направление также имеет большое значение, особенно когда остаются слабомеханизированными второстепенные рабочие процессы, требующие больших затрат живого труда. Так, в технологическом процессе производства зерна одним из «узких мест» является механизация уборки незерновой части урожая, а именно скирдование соломы. Трудоемкость этой операции, выполняемой агрегатом МТЗ-80 + ПФ-0,5, в 1,5 раза превышает все затраты труда на подбор, обмолот и транспортировку зерна. Чтобы выполнить операцию за 6 дней на площади зерновых, равной 1000 га, при урожайности соломы 30 ц с 1 га, требуется ежедневно 15 указанных агрегатов и около 40 рабочих для правки скирд. Это пиковая ситуация. Чтобы ее разрешить, разработан скирдовальный агрегат УСА-10, который позволяет сократить затраты труда на этой операции почти в 10 раз, снизить потребность в тракторах МТЗ-80 в 1,5 раза.

*Количество и качественное совершенствование связующих звеньев систем машин (развитие подсистем машин).* Развитие этого направления позволит расширить возможности взаимодействия элементарных пар машин, повысить эффективность всей системы. Совокупность связующих звеньев включает стационарные и мобильные полевые накопители-перегрузчики, съемные саморазгружающиеся контейнеры, погрузчики-манипуляторы, соединительные адаптеры и др.

Погрузчики-манипуляторы, изготавливаемые финскими фирмами для тракторов МТЗ-80, Т-150К и К-701, быстро навешиваются на трактор и могут одновременно использоваться в составе тракторно-транспортно-погрузочного средства. Например, манипулятор для МТЗ-80 монтируется трактористом без привлечения вспомогательных рабочих в течение 1 ч. В России в несколько ином варианте на базе самоходного шасси Т-16МТ изготавливается самопогрузчик-транспортировщик СУ-Ф-04. Такие агрегаты

весьма эффективны в условиях небольших производств, на отдаленных от центральных усадеб объектах, в крестьянских (фермерских) хозяйствах.

Особую значимость в настоящее время приобретает формирование системы машин для крестьянских (фермерских) хозяйств. Система должна соответствовать размерам хозяйств, содержать гибкие машинные агрегаты, машины повышенной универсальности, агрегаты, которые могли бы обслуживаться одним исполнителем. Все машины должны отличаться максимальной надежностью и минимальной трудоемкостью технического обслуживания.

## **1. 2 Лекция № 2 (2 часа).**

**Тема:** «Машины и орудия для обработки почвы»

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Почва, как объект механической обработки.
2. Теоретические основы процесса вспашки.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Почва, как объект механической обработки.

Технологические свойства почвы.

Почву обрабатывают с целью поддержания и улучшения условий её плодородия, накопления и сохранения в ней запасов влаги, уничтожения сорных растений, возбудителей болезней и вредителей культурных растений, предотвращения эрозионных процессов, вовлечения в круговорот элементов питания из нижних горизонтов почвы и регулирования микробиологических процессов. Поставленные цели достигаются механической обработкой, т.е. перемещением в почве на заданной глубине рабочих органов почвообрабатывающих машин.

**Механический состав. Почва** – многофазная среда, состоит из перемешанных между собой твердых частиц, воды, воздуха и живых организмов. От соотношения этих фаз зависят технологические свойства почвы. Вследствие больших колебаний соотношения фаз технологические свойства почв изменяются в широких пределах.

Твердая фаза состоит из минеральных и органических веществ. В зависимости от размера минеральных частиц различают коллоидные фракции (диаметр менее 0,001 мм), физическую глину (0,001...0,01 мм) и физический песок (0,01...3,0 мм). По содержанию физической глины различают глинистые, суглинистые, супесчаные и песчаные почвы.

Глинистые почвы относятся к тяжелым. Обрабатывать их трудно. Они плохо кроются, при повышенной влажности налипают на рабочие органы, а в сухом состоянии откальзываются крупными глыбами.

Песчаные почвы относятся к легким. Они хорошо кроются при обработке, хорошо поглощают, но плохо удерживают влагу.

Промежуточное положение между глинистыми и песчаными занимают суглинистые и супесчаные почвы.

Каменистость почвы оценивают по содержанию в ней каменистых включений (камней) размером более 3 мм. Различают некаменистую (содержание камней до 0,5 %), слабокаменистую (0,5...5 %), среднекаменистую (5...10 %) и сильнокаменистую (более 10 %) почвы. Наличие в почве крупных камней (размером более 100 мм) представляет

опасность для мобильных машин, особенно почвообрабатывающих и уборочных. Поэтому такие камни из почвы удаляют специальными машинами.

Структура и строение почвы. Твердые частицы почвы могут соединяться в водопрочные агрегаты (комочки), а последние распадаться на мелкие частицы. Образование и распад агрегатов зависят от многих факторов, в том числе от системы обработки почвы.

Структурной считается почва, содержащая более 55 % водопрочных агрегатов размером 0,25...10 мм. Они залегают рыхлым слоем с образованием пустот, что обеспечивает благоприятные условия для роста растений. В зависимости от размеров структурных агрегатов различают глыбистую (размер агрегатов более 10 мм), комковатую (3...10 мм), зернистую (0,25...3 мм) и пылевидную (менее 0,25 мм) структуры. Агрегаты размером менее 1 мм относятся к эрозионно опасным. При содержании их в верхнем слое почвы (0...5 см) более 50 % создаются условия для возникновения водной и ветровой эрозии почвы.

В бесструктурной почве отсутствуют водопрочные агрегаты, а отдельные твердые частицы образуют монолитное строение почвы, затрудняющее перемещение воды, воздуха и развитие корневой системы растений.

Затраты энергии при обработке структурной почвы меньше, чем при обработке бесструктурной.

Плотность почвы характеризует ее сложение, т.е. взаимное расположение почвенных агрегатов. Ее определяют делением массы высушенного образца почвы на его первоначальный объем. Оптимальная плотность пахотного горизонта для большинства возделываемых растений составляет 1...1,2 г/см<sup>3</sup>. Плотность 1,55...1,6 г/см<sup>3</sup> считается критической, так как в такой почве растения гибнут. Плотность изменяют обработкой и внесением органических удобрений.

Скважность (пористость) почвы характеризуется суммарным объемом пустот в почве, заполненных водой и воздухом. Общую скважность определяют по отношению объема пустот в образце к его общему объему, выраженному в процентах. Общая скважность суглинистых и глинистых почв составляет 50...60%, песчаных – 40...45, торфяных – 80...90 %.

Влажность почвы существенно влияет на ее обработку. Содержание влаги в почве в течение годового цикла изменяется от полного насыщения до минимального, а почва переходит от одной консистенции к другой. Время перехода от полутвердой к твердой консистенции считают оптимальным для механической обработки: почва хорошо крошится, не налипает на рабочие органы, затраты энергии на её обработку минимальные.

Такое состояние почвы называют физической спелостью. Это состояние у подзолистых почв соответствует абсолютной влажности 12...15 %, дерново-подзолистых – 12...15 %, черноземов – 17...30 %.

Граница влажности почвы, соответствующая физической спелости, с увеличением скорости движения агрегата сдвигается в сторону больших значений. Поэтому при увеличении скорости движения почвообрабатывающей машины почву можно обрабатывать при большей ее влажности.

Липкость почв характеризует способность ее частиц склеиваться и прилипать к рабочим органам и колесам сельскохозяйственных машин. Единица измерения липкости Н/см<sup>2</sup>. Для определения липкости почвы силу, которую необходимо приложить, чтобы оторвать прилипшую к почве стальную пластинку, делят на площадь залипания.

Степень липкости почв зависит от ее влажности и дисперсности. При постоянном нормальном давлении липкость с увеличением влажности почвы растет до максимального значения, а затем в результате увеличения толщины водных пленок на поверхности залипания снижается. С увеличением дисперсности (распыла) почвы возрастает залипаемость орудий.

У распыленной, т.е. бесструктурной почвы липкость начинает проявляться при относительной влажности 40...50 %, у структурной при 60...70 %. Поэтому необходимо сохранять и восстанавливать структуру почвы, которая создает оптимальные условия плодородия и снижает залипаемость орудий.

**Механические характеристики почвы** определяют ее сопротивление перемещению рабочих органов.

Трение скольжения почвы о поверхность рабочего органа называют внешним. Его оценивают по силе  $F$  сопротивления почвы перемещению по рабочей поверхности. Эта сила пропорциональна силе  $N$  нормального давления почвы на рабочий орган:

$$F=fN.$$

Коэффициент пропорциональности  $f$  (коэффициент трения) зависит главным образом от гранулометрического состава и влажности почвы. Коэффициент трения песчаных сыпучих почв по стали изменяется от 0,25 до 0,35; песчаных связных — от 0,5 до 0,7; среднесуглинистых – от 0,6 до 0,9.

С производственной точки зрения трение при вспашке представляет собой вредное явление. Сила трения на лемешно-отвальной поверхности составляет 30...40 % всего сопротивления плуга. Поэтому крайне важно уменьшить трение. Существует несколько способов снижения силы трения: применение вибрации и активных рабочих органов; создание пограничного слоя из воды и воздуха по поверхности контакта почвы о рабочий

орган; полировка отвалов, покрытие их различными материалами; изменение геометрической формы рабочих органов; замена скольжения почвы перекатыванием по роликам.

Твердость почвы характеризует ее способность сопротивляться внедрению твердого тела. При обработке твердой почвы затрачивается больше энергии, чем при обработке менее твердой почвы. Единица измерения твердости почвы Н/см<sup>2</sup>. Чтобы определить твердость почвы, сначала измеряют плотномерами силу сопротивления почвы вертикальному внедрению в нее наконечника прибора различной формы (плунжера, конуса, шара, цилиндра), а затем делят эту силу на площадь поперечного сечения внедряемого тела.

Сопротивление деформациям характеризует прочность почвы. При обработке почвы различными рабочими органами она испытывает деформации сжатия, растяжения, сдвига, кручения и их комбинации. Временное сопротивление почвы (до начала ее крошения) при различных видах деформации варьирует в широких пределах. Например, суглинистая почва при абсолютной влажности 21...28 % имеет временное сопротивление растяжению 5...6 кПа, сдвигу 10...12 кПа, сжатию 65...108 кПа. Следовательно, рыхление почвы с минимальным расходом энергии возможно при использовании рабочих органов, обеспечивающих растяжение почвенного пласта.

Абразивность почвы оценивают по содержанию в ней физического песка с большим количеством каменистых включений (размером 0,25...3 мм), являющихся причиной повышенного истирания (износа) рабочих органов. По критерию абразивного износа почвы делят на три группы: с малой (содержание песка до 80 %), средней (80...95 %) и повышенной (95... 100 %) изнашивающей способностью. Абразивный износ лемехов при вспашке 1 га почв первой группы составляет 2...30 г, второй группы – 30...100 г, третьей – 100...450 г.

Удельное сопротивление почвы является обобщенной характеристикой трудности ее обработки. Коэффициент  $K_c$  удельного сопротивления почвы при вспашке определяют измерением тягового сопротивления плуга  $P$  и делением его на площадь поперечного сечения поднимаемого пласта:

$$K_c = \frac{P}{a \cdot b \cdot n}$$

где  $a$  – глубина вспашки, см;  $b$  – ширина захвата корпуса, см;  $n$  – число корпусов.

По удельному сопротивлению различают почвы легкие ( $K_c \leq 3$  Н/см<sup>2</sup>), средние ( $K_c = 3...5$  Н/см<sup>2</sup>), среднетяжелые ( $K_c = 5...7$  Н/см<sup>2</sup>), тяжелые ( $K_c = 7...12$  Н/см<sup>2</sup>) и очень тяжелые ( $K_c \geq 12$  Н/см<sup>2</sup>).

Коэффициенты удельного сопротивления почвы при культивации, бороновании, прикатывании и других аналогичных операциях определяют делением тягового сопротивления машины на ее ширину захвата.

Эти характеристики почвы используют при выборе ширины захвата машины для агрегатируемого трактора, определении норм выработки и расчете потребности числа и типажа почвообрабатывающих машин.

## 2. Теоретические основы процесса вспашки.

**Технологические операции.** Рабочий орган может выполнять одну или несколько технологических операций: резание почвы, отделение пласта, оборот пласта, рыхление, уплотнение, перемешивание, перемешивание и подрезание сорняков.

*Резание почвы* ножами происходит в вертикальной (рис. 1, а) и горизонтальной (рис. 1, б) плоскостях. При вертикальном резании нет стружки, а при горизонтальном образуется и отделяется стружка.

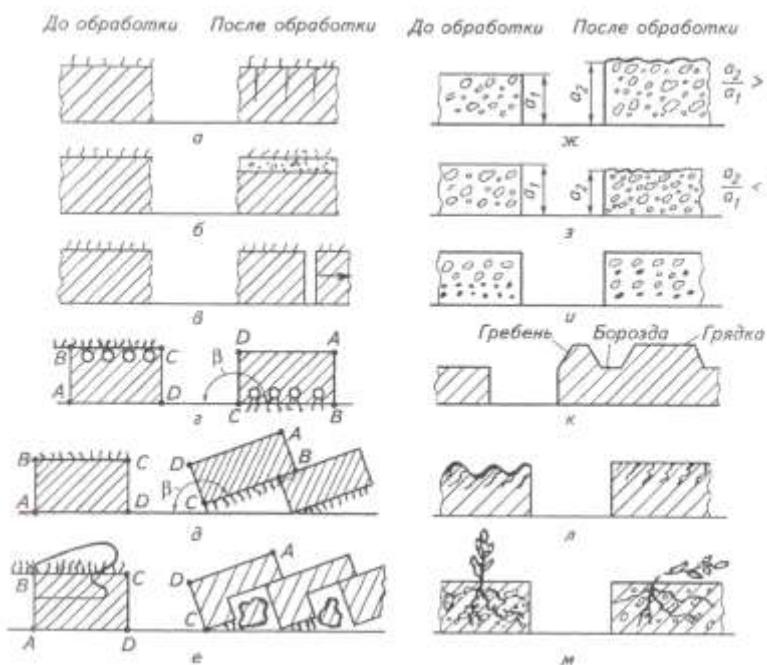


Рис. 1. Основные операции механической обработки почвы:

а – вертикальное резание; б – горизонтальное резание; в – отделение пласта; г – оборот пласта; д – взмет пласта; е – культурная вспашка; ж – рыхление; з – уплотнение; и – перемешивание; к – нарезка борозд, образование гряд и гребней; л – выравнивание; м – подрезание сорняков; АВСД – пласт;  $\beta$  – угол оброта пласта;  $a_1$ ,  $a_2$  – толщина соответственно первоначального и взрыхленного почвенных слоев

*Отделение пласта* от почвенного массива происходит после его вырезания (отрезания) в горизонтальной, наклонной или вертикальной плоскости. Пласт (рис. 1. в) в

поперечном сечении имеет форму прямоугольника, треугольника или другой геометрической фигуры.

*Оборот* – это вращение почвенного пласта в поперечной плоскости и изменение взаимного расположения по вертикали верхних и нижних слоев почвы. При этом пожнивные остатки заделываются в нижние слои почвы. Оборот пласта может быть полным, т.е. на угол ( $\beta = 180^\circ$  (рис. 1, г), и частичным –  $90^\circ < \beta < 180^\circ$ . Оборот пласта на угол до  $135^\circ$  называют *взметом* (рис. 1, д). Оборот пласта, у которого предварительно срезают часть задернелого слоя и сбрасывают на дно борозды, называют культурной вспашкой (рис. 1, ё).

*Рыхление* (рис. 1, ж) – это изменение размеров почвенных комков и расстояния между ними, в результате чего улучшаются водо- и воздухопроницаемость почвы, а также ее биологическая активность. Степень рыхления оценивают по отношению толщины  $a_2$  взрыхленного слоя к его первоначальной толщине  $a_1$ . При рыхлении  $a_2/a_1 > 1$ .

*Уплотнение* (рис. 1, з) представляет собой процесс, обратный рыхлению. При уплотнении  $a_2/a_1 < 1$ . В процессе уплотнения увеличивается капиллярность почвы и уменьшается ее общая скважность.

*Перемешивание* предусматривает изменение взаимного расположения частиц почвы, пожнивных остатков, удобрений и микроэлементов (рис. 1, и). Почва становится более однородной по плодородию.

*Перемещение* почвы происходит в горизонтальной и вертикальной плоскостях при нарезке борозд, формировании гряд, гребней, пал, валиков, окучивании и выравнивании поверхности пашни (рис. 1, к, л).

*Подрезание сорняков* (рис. 1, м) – это уничтожение их путем перерезания или разрыва корней и стеблей.

*Технологические процессы* – это приемы обработки почвы, сопровождающиеся однократным воздействием на почву почвообрабатывающих машин одного наименования. К ним относятся вспашка, боронование, лущение и дискование, культивация, фрезерование, прикатывание, чизелевание, плоскорезная обработка, бороздование, шлейфование, лункование. Большинство процессов сопровождается выполнением одновременно нескольких технологических операций, из которых одна или две являются главными, а остальные – сопутствующими. Вспашка обеспечивает, прежде всего, оборот и рыхление почвы; культивация – рыхление и подрезание сорняков; боронование – рыхление; фрезерование – рыхление и перемешивание; лущение – оборот и рыхление; плоскорезная обработка – рыхление и подрезание корневищ сорняков; чизелевание – глубокое рыхление; прикатывание – уплотнение и выравнивание пашни.

*Классификация обработок.* В зависимости от глубины хода рабочих органов и выполняемых операций различают основную, поверхностную, мелкую и глубокую обработки почвы.

*Основная обработка* – это обычно первая, наиболее глубокая (20...30 см) обработка почвы после уборки предшествующей культуры. Ее проводят плугом с оборотом и последующим рыхлением почвенного пласта. Почву, подверженную ветровой эрозии, рыхлят без оборота пласта на глубину 25...30 см культиваторами-глубокорыхлителями. Основная обработка существенно изменяет сложение почвы, т.е. соотношение и взаимное расположение почвенных агрегатов.

*Поверхностную обработку* проводят на глубину 8 см ранней весной, перед и после посева для разрушения почвенной корки и рыхления.

*Мелкую обработку* проводят на глубину 8... 16 см при уходе за парами, после вспашки и перед посевом.

*Глубокая обработка* – это специальная обработка почвы на глубину более 24 см для углубления пахотного слоя и предотвращения водной эрозии.

*Системы обработки почвы* – это совокупность научно обоснованных приемов обработки почвы под культуры в севообороте. В зависимости от почвенно-климатических условий и технологии возделывания растений применяют отвальную, безотвальную и ярусную системы.

*Отвальная система* предусматривает оборот почвенного пласта, что обеспечивает заделку пожнивных остатков, семян сорняков и возбудителей болезней в нижние слои пахотного слоя. При этом пожнивные остатки быстрее разлагаются аэробными микроорганизмами с образованием растворимых минеральных соединений, а сорняки, личинки вредителей и возбудители болезней погибают. Отвальнюю систему широко применяют в районах достаточного и избыточного увлажнения.

*Безотвальная система* исключает оборот почвенного пласта: его заменяют глубоким рыхлением с сохранением стерни, защищающей почву от ветровой эрозии. Эту систему обработки применяют в степных районах, где проявляются эрозионные процессы, а также в районах недостаточного увлажнения как способ накопления и сохранения влаги в почве.

*Ярусная система* сопровождается дифференцированной обработкой верхнего, среднего и нижнего слоев почвы, имеющих явно выраженное ярусное строение. Например, при обработке солонцов верхний слой оборачивают, а второй и третий – рыхлят и перемешивают.

В зависимости от числа обработок различают интенсивную, минимальную и нулевую системы обработок.

*Интенсивная система* включает несколько технологических процессов при подготовке почвы к посеву, сопровождается многократными проходами агрегатов, уплотнением и рыхлением почвы.

*Минимальная система* предусматривает сокращение количества обработок и их глубины, совмещение и одновременное выполнение нескольких технологических процессов за один проход агрегата. Ее применяют в различных районах, чтобы снизить уплотнение и распыление почвы движителями тракторов и колесами сельскохозяйственных машин, а также сократить сроки подготовки почвы.

В некоторых случаях обрабатывают не всю поверхность поля, а только узкие полосы, в которые затем высевают семена. Такая обработка почвы называется *нулевой*. Обработка почвы, сопровождаемая покрытием ее поверхности остатками возделываемых растений, называется *мульчирующей*.

Обработка почвы с образованием на поверхности пашни водозадерживающего микрорельефа (борозд, лунок и др.) или оставлением и сохранением ветрозадерживающих пожнивных остатков называется *противоэрозионной*.

Системы обработки должны быть почвозащитными, энергосберегающими, экономически оправданными и безвредными для окружающей среды. Выполнение этих требований связано с обоснованным выбором и оптимальным сочетанием применяемых машин, правильной их регулировкой и агрегатированием.

### **1. 3 Лекция № 3 (2 часа).**

**Тема:** «Машины для поверхностной обработки»

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Общие принципы построения цилиндроидальных поверхностей плужных корпусов.
2. Рациональная формула В.П. Горячкina для тягового сопротивления плуга.

#### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Общие принципы построения цилиндроидальных поверхностей плужных корпусов.

В основе рациональных принципов построения рабочих поверхностей плужных корпусов должны лежать заданные показатели технологического процесса (степень крошения, оборот пласта и т. п.), по которым определяют геометрическую форму и параметры рабочей поверхности. Однако чрезвычайное многообразие почв, а также способность одной и той же почвы коренным образом изменять свои технологические свойства в зависимости от влажности или задерненности и отсутствие необходимых данных о количественных соотношениях (зависимостях) между параметрами рабочей поверхности и показателями технологического процесса делают такую задачу пока неразрешимой. Обратная задача - по заданной поверхности определить показатель технологического процесса обработки почвы - в силу названных причин также не имеет достаточно точного решения. Данную задачу решают эмпирически - путем выбора из числа известных поверхностей наиболее подходящей по геометрической форме для заданных почвенных условий, руководствуясь при этом некоторыми теоретическими соображениями и практическим опытом. Так как параметры рабочих поверхностей, как правило, нерегулируемые, то улучшения качества обработки различных почв можно добиться с помощью сменных рабочих органов не только с различными поверхностями, но и с различными параметрами.

Рабочие поверхности почвообрабатывающих орудий весьма разнообразны и могут быть представлены как простейшей формой линейчатой поверхности - плоскостью, так и более сложными поверхностями (в порядке возрастания сложности) - цилиндром, цилиндроидом, коноидом, гиперболоидом, параболоидом, геликоидом и, наконец, винтом.

Из линейчатых поверхностей В. П. Горячкин отдавал предпочтение развертывающимся, т. е. таким, которые могут быть развернуты в плоскость без искажений (деформаций). Штамповка поверхностей происходит без усадки или вытягивания отдельные участков, и, следовательно, рабочая поверхность получается плавной, без выпуклостей и углублений, что уменьшает вероятность ее залипания

влажной почвой.

Анализ различных поверхностей, проведенный В. П. Горячкиным, М. Н. Летошневым и другими учеными, показал, что между поверхностями нет резкой границы и при изменении способа образования и развитии тех или иных параметров они могут как бы переходить от одной формы к другой. Так, цилиндр - частный случай цилиндроида, конус - коноида, геликоид - винтовой поверхности, коноида и торса. В то же время гиперболический параболоид представляет собой переходную форму к винтовой поверхности, параболоид близок к ней; коноид - разновидность винтовой поверхности. В. П. Горячkin пришел к выводу, что каковы бы ни были формы отвалов, их можно разделить на три типа: винтовые, цилиндрические и промежуточные.

В связи с этим целесообразно рассмотреть способы образования цилиндрической поверхности, предназначенной для обработки почв, резко отличающихся по своим свойствам. Однако чисто цилиндрические поверхности редко употребляются и представляют собой частный случай широко применяемых цилиндроидальных поверхностей.

Цилиндроидальная рабочая поверхность. Такая поверхность может быть образована различными способами. Наиболее распространен способ Н. В. Щучкина, по которому поверхность описывается (рис.1) движением прямолинейной горизонтальной образующей EF по направляющей кривой BC, расположенной в плоскости N, перпендикулярной к лезвию лемеха AB с заданной закономерностью изменения угла  $\gamma$  образующей EF со стенкой борозды хоз. Закономерность изменения угла выражается некоторой функцией  $\gamma = f(z)$ , где z - координата расположения образующей над горизонтальной плоскостью хоу.

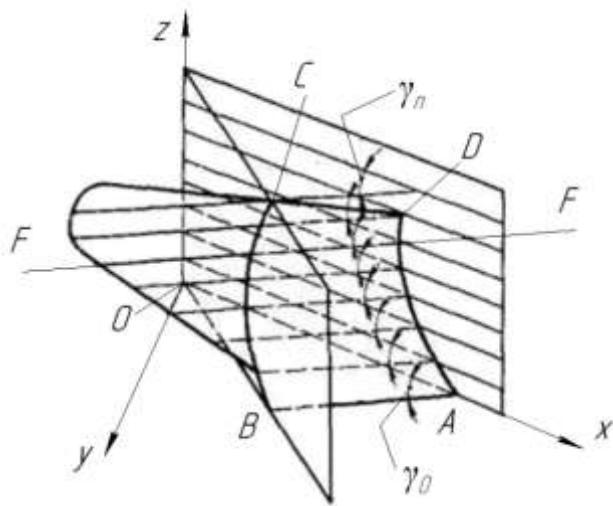


Рис. 1 - Схема образования цилиндроидальной рабочей поверхности

Угол  $\gamma$  сначала уменьшается от  $\gamma_0$  до  $\gamma_{min}$ , что необходимо для облегчения подъема пласта на грудь отвала и устраниния задирания его бороздным обрезом. После перехода через линию стыка лемеха с отвалом, угол  $\gamma$  возрастает по вогнутой кривой, т.е. более интенсивно. В результате рабочая поверхность рабочая полувинтового отвала обретает большую оборачивающую способность.

Наряду с поверхностями, полученными в результате движения горизонтальных образующих, иногда применяют и цилиндроидальные поверхности с наклонными образующими. Основное преимущество последних в том, что при значительном наклоне образующие крыла не проходят через грудь отвала. Это дает возможность, изменения крыло, оставлять неизменной грудь отвала. А так как к груди отвала крепится стойка, то, следовательно, одна и та же стойка может быть использована для различных рабочих поверхностей отвала. В плужных корпусах с наклонными, образующими углом наклона лемеха к дну борозды переменный: угол наклона пятки примерно на  $12^\circ$  меньше, чем носка.

В качестве направляющей ВС может быть принята окружность или парабола. Практически для этой цели всегда используют параболу, так как для нее характерны переменная кривизна и лучшее крошение пласта. Однако при построении параболы в качестве исходной направляющей кривой используют окружность. Радиус исходной окружности определяют из условий, чтобы поднимаемый пласт полностью помещался на отвале, а крыло своим бороздным обрезом не задирало отваленный пласт. Плоскость направляющей кривой располагают перпендикулярно к лезвию лемеха на расстоянии  $2/3$  его длины от носка (для культурных) и всей длины (для полувинтовых поверхностей).

Чтобы более подробно представить порядок образования линейчатой поверхности, лезвие лемеха обозначим отрезком AB (рис. 2).

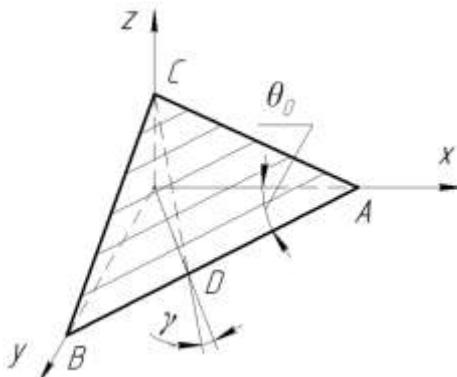


Рис. 2 - Углы, характеризующие отвал

Проведем ось x через носок A лезвия лемеха по направлению движения отвала, а ось y через правый конец B лезвия лемеха, перпендикулярно стенке борозды. Точка O пересечения осей будет началом координат. Ось z направим вертикально вверх.

Проведем через лезвие лемеха плоскость, касательную к поверхности отвала. Эта плоскость пересечет ось z в некоторой точке С. Положение плоскости относительно дна и стенки борозды будет характеризовать положение отвала по отношению ко дну и стенке борозды.

Угол ОАВ =  $\theta_0$  определяет установку лезвия лемеха к стенке борозды; угол ODC =  $\gamma$  - установку лемеха к дну борозды.

Если принять линию АВ за образующую в нижнем положении, то, перемещая ее постепенно параллельно горизонтальной плоскости, можно получить некоторую линейчатую поверхность. Чтобы эта поверхность была определенной, задаются направляющей кривой  $B' - n$ , по которой перемещают одну из точек образующей. Нижний конец направляющей кривой совпадает с лезвием лемеха, а касательная к этой кривой в нижней точке  $B'$  располагается под углом  $\gamma$ .

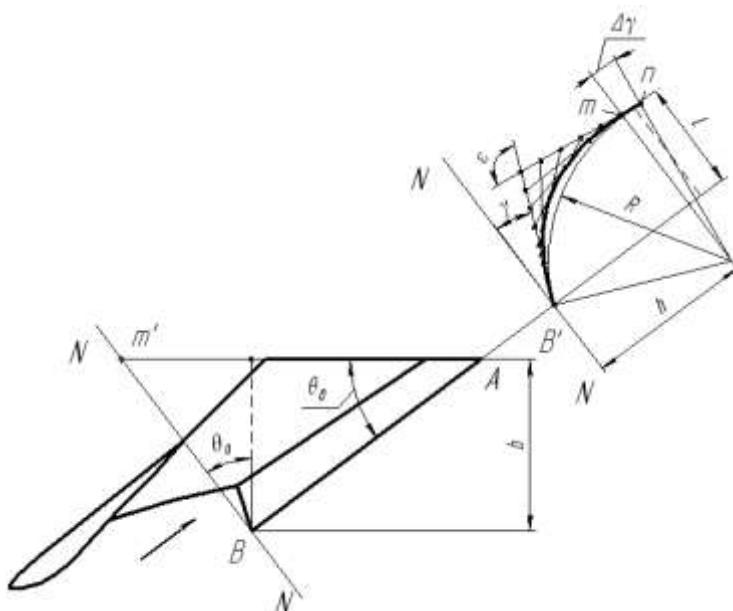


Рис. 3 - Параметры направляющей кривой

Направляющая кривая характеризуется радиусом R, высотой h и вылетом L.

Радиус направляющей кривой R, мм подбирается таким образом, чтобы не было пересыпания пласта через верхним край отвала

$$R \geq \frac{b}{\left(\frac{\pi}{2} - \gamma\right) \cos \theta_0}, R \geq \frac{b}{\left(\frac{\pi}{2} - \gamma\right) \cos \theta_0},$$

где b - ширина захвата отвального корпуса плуга, мм;  $\gamma$  - угол постановки лемеха ко дну борозды, град.;  $\theta_0$  - угол постановки лезвия лемеха к стенке борозды, град.;

Высота направляющей кривой h, мм определяется по формуле:

$$h = R \cos \gamma$$

Вылет направляющей кривой L, мм определяется по формуле:

$$L = R(1 - \sin\gamma)$$

Вертикальная плоскость NN, в которой располагается направляющая кривая, перпендикулярна лезвию лемеха и отстоит от носка его на расстоянии длины лемеха l у полувинтовых отвалов. Поэтому по направляющей кривой перемещается точка В образующей АВ. Для того чтобы получить вполне определенную поверхность, необходимо знать помимо направляющей кривой, закон изменения угла  $\theta$  между образующей и стенкой борозды в зависимости от высоты расположения образующей над дном борозды z.

Многолетней практикой доказано, что для обрачивания пласта углы наклона образующих верхней части отвала по сравнению с нижней его частью необходимо увеличивать. Поэтому обрачивающую способность отвалов принято характеризовать величиной разности между углом  $\theta_{max}$  -наклона верхней образующей и углом  $\theta_0$  - наклона лезвия лемеха к стенке борозды. Чем эта разница больше, тем оборот пласта лучше. Графики изменения угла  $\theta$  для полувинтовых и культурных отвалов представлены на рисунке 3.4. На нижнем участке угол  $\theta$  уменьшается по закону прямой от  $\theta_0$  до  $\theta_{min}$ . Делается это для обеспечения лучшего «приема» пласта. На верхнем участке увеличивается от  $\theta_{min}$  до  $\theta_{max}$  по параболе:

$$y = \frac{6,2x^2}{x^2 + 100} \quad y = \frac{6,2x^2}{x^2 + 100}$$

а) для культурных отвалов

$$y = \frac{x^2}{2p} \quad y = \frac{x^2}{2p}$$

б) для полувинтовых отвалов

где x - координата в диаграмме изменения угла  $\theta$ , мм;

p - численное значение, мм.

Координата x в этом уравнение изменяется от образующей с наименьшим углом  $\theta_{min}$ , то есть определяется разностью

$$x = z - z_1$$

где z - высота образующей над дном борозды, мм.

Координата y показывает изменение угла  $\theta$ , начиная от  $\theta_{min}$ . При этом каждый миллиметр по оси y будет изображать  $\lambda$  градусов по оси  $\theta$ . Поэтому координаты y и  $\theta$  связаны соотношением:

$$\theta = \theta_{min} + \lambda y \quad , \quad \theta = \theta_{min} + \lambda y \quad \Theta = \Theta_{min} + \lambda y$$

$$\lambda = \frac{\theta_{max} - \theta_{min}}{y_{max}} \quad \lambda = \frac{\theta_{max} - \theta_{min}}{y_{max}} \quad y = \frac{\theta - \theta_{min}}{\lambda}$$

где  $\lambda$  - масштабный коэффициент.

У полувинтовых отвалов углы  $\theta$  (рис.4) увеличиваются в верхней части отвала. Рыхление почвы, таким образом, уменьшается, но оборачиваемость пласта становится лучше. У культурных типов отвала углы  $\theta$  увеличиваются в средней части отвала. Рыхление почвы, таким образом, увеличивается.

### Закон $\theta=f(z)$

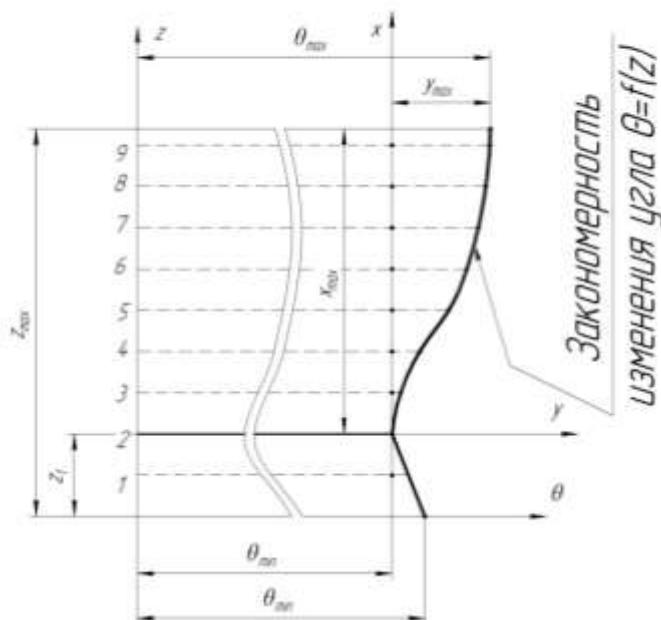


Рис. 4 - График изменения угла образующей к стенке борозды  
Пласт не должен обратно падать в борозду после прохода плуга. Это возможно только в том случае, если линия действия силы тяжести пласта  $Gn$  проходит правее точки  $D$  его опоры. Предельный наклон пласта (неустойчивое равновесие) соответствует такому положению, при котором диагонали  $D1B1$ ,  $D2B2$  и т. д. располагаются вертикально.

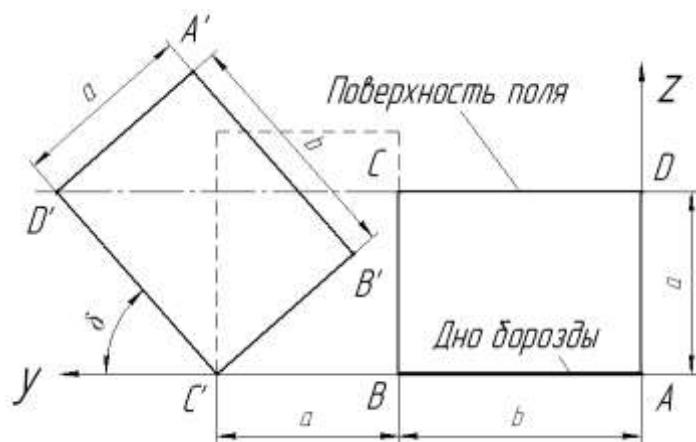


Рис. 5 - Профиль дна борозды

Это условие соблюдается, если  $b/a = K \geq 1,27$ , т.е. фактическая глубина вспашки и угол  $\delta$  наклона пласта не превышают предельно допустимые значения:

Выбирая глубину обработки, необходимо соблюдать условие  $K > 1,27$ . Для плугов общего назначения с культурными и полувинтовыми отвалами рекомендуется принимать  $K = 1,3...1,6$ , с винтовыми -  $K = 1,75...2,3$ , для кустарниково-болотных -  $K = 2...3$ .

Координата верхней точки Е полевого обреза отвала  $H$ , мм определяется по формуле:

$$H = b + \Delta H,$$

Высота расположения наивысшей точки отвала по рекомендации профессора Щучкина Н. В.

$$H_{\max} = \sqrt{a^2 + b^2} \mp (0 \dots 20) \quad H_{\max} = \sqrt{a^2 + b^2} \mp (0 \dots 20)$$

$$H_{\max} = \sqrt{a^2 + b^2} + (0 \dots 2)$$

Для обеспечения в многокорпусном плуге перекрытия между корпусами, ширину захвата отвала и лемеха корпуса рекомендуется принимать несколько больше ширины пласта.

Длина лезвия лемеха  $l$ , мм определяется по формуле:

$$l = \frac{b + \Delta b}{\sin \theta_0}, \quad l = \frac{b + \Delta b}{\sin \theta_0},$$

$$\Delta b \Delta b$$

где  $\Delta b$  - перекрытие между рабочими органами, мм;

2. Рациональная формула В.П. Горячкина для тягового сопротивления плуга.

Механический состав почвы связан с сопротивлением её вспашке только качественно, то есть это лишь одна из составляющих. Влияние влажности носит сложный характер.

Удельное сопротивление  $k = P / a b$ , где  $P$  - тяговое сопротивление плуга;  $a$  - глубина вспашки;  $b$  - ширина захвата плуга. Если числитель и знаменатель умножить на скорость  $V$ , то в числителе - мощность, а в знаменателе - объем почвы, проходящий через плуг в единицу времени. Тогда  $k$  - общая затрата мощности на единицу объема почвы, то есть величина  $k$  приобретает физический смысл.

Тяговое сопротивление почвообрабатывающих машин включает: сопротивление перекатыванию; сопротивления трения почвы о поверхности лемехов, отвалов, лап и стоек; сопротивление деформации почвы, пропорциональное площади поперечного сечения обрабатываемой зоны; сопротивление, затрачиваемое на сообщение живой силы [кинетической энергии] частицам почвы, отбрасываемым рабочими органами орудий,

пропорциональное площади поперечного сечения пласти и квадрату скорости. Приводит своё уравнение тягового сопротивления, где вместо первого члена формулы В.П. Горячина даёт выражение, пропорциональное квадрату скорости. Зависимость удельного сопротивления от влажности почвы в виде уравнения третьей степени.

В.П. Горячий указывал на необходимость всестороннего изучения физико-механических свойств почвы для получения функциональной зависимости этих свойств, сопротивления почвообрабатывающих машин и технологических показателей их работы. Назрел вопрос о классификации почв по удельному сопротивлению при пахоте, засорённости камнями, липкости и абразивным свойствам.

Первый член формулы В.П. Горячина заменили двумя, зависящими от коэффициента трения скольжения почвы по металлу и от коэффициента перекатывания колёс.

Обширный обзор формул силы тяги плуга В.П. Горячий (1923):

$$P = f G + k a b + e a b V^2, k_o = P / a b, k_n = (P - f G) / a b.$$

где  $P$  - сила тяги плуга;  $f$  - коэффициент трения почвы по стали;  $G$  - вес плуга;  $a$  - глубина вспашки;  $b$  - ширина захвата плуга;  $V$  - скорость вспашки;  $k$  и  $e$  - коэффициенты;  $K_o$  - полное удельное сопротивление плуга;  $K_n$  - полезное удельное сопротивление плуга.

третий член формулы В.П. Горячина  $P_3 = A V^h a b$ ,

где  $A$  - коэффициент формы рабочей поверхности корпуса плуга.

Н.В. Щучкин (1940):

$$P = f G + m P_{cp} a b, \text{ где } m \text{ - коэффициент; } P_{cp} \text{ - средняя твёрдость почвы.}$$

Расчёт удельного сопротивления по компрессионной зависимости, коэффициенту внутреннего трения и коэффициенту сдвига почвы.

$P = P_1 + R_x (a - b)$ , где  $P_1$  - удельное сопротивление при твердости  $a$ ;  $b$  - изменяющаяся твердость;  $R_x$  - коэффициент регрессии.

## 1. 4 Лекция № 4 (2 часа).

**Тема:** «Машины для посева и посадки»

### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Основы теории и расчета катушечных высевающих аппаратов.
2. Подготовка сеялок к работе.

### 1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Основы теории и расчета катушечных высевающих аппаратов.

**Технологический принцип работы аппарата.** При вращении катушки (рис. 1, а) возникает поток семян, состоящий из зерен, попавших в желобки (зона II) и располагающихся между катушкой и дном коробки (активный слой, зона III). В зоне I семена движутся свободно под действием силы тяжести. В зоне III движение семян вызывается силами внутреннего трения, которые возбуждаются ребрами катушки и передаются от одного слоя к другому. Толщина активного слоя  $h$  (рис. 1, б) для различных культур различна. Она не превышает шестикратной толщины семян. Например, для семян пшеницы  $h = 10$  мм (четыре слоя семян); для проса  $h = 7$  мм (пять слоев семян).

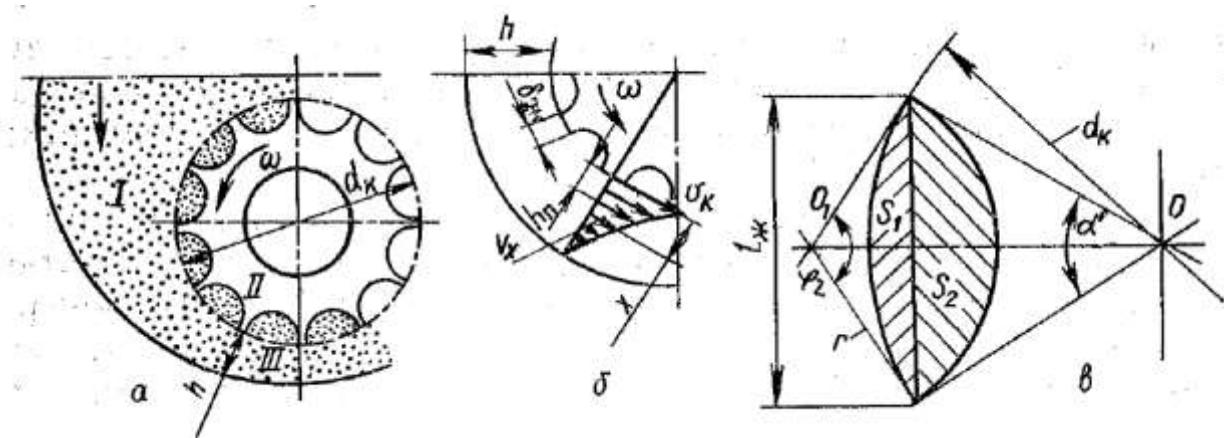


Рис.1 – Схема работы катушечного высевающего аппарата:  
а – зоны движения; б – характер распределения скоростей движения в активном слое;  
в – профиль желобка; I – свободное движение; II – принудительное движение; III – движение в активном слое

1. Под рабочим объемом –  $V_0$  катушки понимают объем семян высеваемых за один оборот. Этот объем состоит из  $V_{ж}$  – объема семян высеваемых желобками катушки и  $V_a$  – объема семян прошедших в активном слое, т.е.:

$$V_0 = V_{ж} + V_a$$

2. Объем семян высеваемых желобками катушки определяется через параметры катушки:

$$V_{ж} = E^* z * S * l_p$$

где Е – коэффициент заполнения желобков, колеблющиеся в пределах 0,7–0,9. Для озимой пшеницы выбираем большее значение - 0,9.

$z$  – число желобков

$S$  – площадь поперечного сечения желобка

$L_p$  – длина рабочей части катушки.

3. Объем семян активного слоя высеваемых за один оборот катушки можно представить как объем цилиндрической трубы длиной  $b_p$ , внутренним радиусом  $r$  и наружным радиусом  $r+C_n$  :

$$V_a = \pi [(r+C_n)^2 - r^2] L_p = \pi L_p C_n (d+C_n)$$

где  $d$  – диаметр катушки, мм. Поскольку проектируемый аппарат вписывается в стандартный корпус, принимаем  $d=50$  мм.

$C_n$  – приведенная толщина активного слоя.

4. Толщина активного слоя семян не превышает 4-6 кратной толщины семян. При толщине семян пшеницы 2,65-3,05 мм, толщина активного слоя равна 15 мм.

$$C_n = 0,5 C \quad (4.4)$$

где  $C$  – толщина активного слоя.

$$S = \frac{3.14 * 4.5^2}{2} = 31,8 \text{ мм}^2$$

Число желобков на катушке  $z=12$ . Получим:

$$L_p = (0,9 * 12 * 31,8 + 1252,86) = 37200$$

$$L_p = \frac{37200}{159644} = 23,3 \text{ мм.}$$

## 2. Подготовка сеялок к работе.

Комплектование посевных агрегатов для посева зерновых колосовых, зернобобовых и крупяных культур, льна и семян трав ведут в соответствии с агротехническими требованиями, предъявляемыми к посеву каждой культуры, а также с учетом почвенных и складывающихся климатических условий, размеров, длины гонов и конфигурации подготовляемых к посеву участков. Эти данные определяют, какие тракторы и сеялки из семейства СЗ-3,6, с какой шириной междурядий и в каком количестве должны входить в состав того или иного посевного агрегата. Класс тракторов и число сеялок в агрегате должны соответствовать размерам и конфигурации поля. На небольших полях с неправильной конфигурацией целесообразно применять односеялочные, а на полях, имеющих значительные размеры, – двух- и трехсеялочные агрегаты.

Комплектуя агрегаты, нужно стремиться к тому, чтобы тяговое сопротивление сеялок, входящих в состав посевного агрегата (включая сцепку) и тяговое усилие, развиваемое трактором, были достаточно близки друг к другу при обязательном некотором превышении последнего над первым, так как обе эти величины не являются постоянными. Рекомендуемая величина коэффициента использования тягового усилия трактора на посеве должна быть не менее 0,90...0,95. Однако этого в Нечерноземной зоне не всегда можно добиться, учитывая недостаточные размеры участков и неправильную их конфигурацию, на которых чаще всего наиболее целесообразно работать не более чем двумя-тремя сеялками в агрегате. Поэтому в некоторых случаях тракторы могут быть не полностью загружены, хотя это и снижает экономический эффект посевных агрегатов. Но по мере проведения мелиоративных и культуртехнических работ, запланированных в больших объемах на ближайшие годы, с увеличением размеров полей, ростом скоростей посевных агрегатов этот недостаток в скором времени будет полностью изжит.

### **ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ**

Посев, как правило, необходимо проводить в сжатые сроки, в течение 3...5 дней, с соблюдением заданных агротехнических требований. Поэтому работы на посеве должны быть хорошо организованы: своевременно подготовлены поля, приведена в полевую готовность вся посевная техника, тщательно продуманы маршруты ее движения с одного участка на другой, решен вопрос о способах движения посевных агрегатов на участках, спланирована бесперебойная доставка семян и удобрений к местам заправки посевных агрегатов.

### **ПОДГОТОВКА ПОЛЯ И СПОСОБЫ ДВИЖЕНИЯ АГРЕГАТОВ**

Поле, подготовленное под посев, должно быть обработано в соответствии с агротехническими требованиями, предъявляемыми к предпосевной обработке. Верхний слой должен быть хорошо разрыхлен на глубину заделки семян с допустимым отклонением  $\pm 1$  см. Не допускается наличие сорняков, неубранных поверхностных камней, кустарников и других препятствий. Препятствия, которые устраниить невозможно, ограждают или отмечают предупредительными знаками. Способ и направление посева выбирают с учетом характеристики полей (площадь, длина гона, конфигурация, рельеф) и требований агротехники. Выбор направления движения посевных агрегатов зависит от того, как предполагается вести посев – поперек предшествующей обработки или под углом к ней, поперек склона или под углом к нему. Рекомендуется, чтобы направление движения посевных агрегатов не совпадало с направлением предпосевной обработки почвы, так как это способствует лучшей заделке высеваемых семян.

Приступая к разбивке поля, необходимо заранее знать состав посевных агрегатов и способ их движения. От состава посевных агрегатов, в первую очередь, зависит ширина поворотных полос, отбиваемых по краям поля. Основными же способами движения посевных агрегатов являются: челночный, загонный (всвал или вразвал), беспетлевой «перекрытием», а также два вида перекрестного: продольно-поперечный и диагонально-перекрестный.

Первый проход посевного агрегата производится по вешкам. При этом проверяют норму посева, установку маркера и глубину заделки семян.

Посев можно производить при скорости движения 7...10 км/ч. В зависимости от рельефа поля необходимо маневрировать скоростями. При движении посевного агрегата со скоростью 10 км/ч и более сеяльщик должен находиться в кабине трактора. Вождение агрегата, кроме первого прохода, осуществляют по следу маркера.

Загрузку сеялок семенами рекомендуется производить механизированными загрузчиками семян. Основные механизированные средства заправки – автозагрузчики АС-2УМ, ЗСА-40. Продолжительность заправки автопогрузчиком одной сеялки семенами составляет 3...3,5 мин. Заправлять сеялки следует, как правило, на поворотной полосе. При этом в единицу времени надо подвозить количество семян, равное их расходу  $q$ .

Расход семян  $q$  (кг/ч) устанавливают, исходя из производительности посевного агрегата  $W$  (га/ч), нормы посева  $g_c$  (кг/га) и числа посевных агрегатов  $m$ :

$$q = m \cdot W \cdot g_c$$

Число агрегатов-заправщиков равно отношению расхода семян  $\Omega$  к производительности одного заправщика сеялок  $W_Q$ :

$$n = q / W_Q$$

Поворотные полосы засевают тем же агрегатом, что и весь участок.

## **1. 5 Лекция № 5,6 (4 часа).**

**Тема:** «Машины для внесения удобрений»

### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Виды удобрений.
2. Элементы теории и расчета машин для внесения органических и минеральных удобрений.
3. Агротехнические требования и контроль качества работы.
4. Способы и технологии внесения удобрений.

### **1.5.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Виды удобрений.

**Общие сведения.** В комплексе мероприятий по внедрению интенсивных технологий большое значение имеет повышение плодородия почв за счет внесения удобрений и химических мелиорантов. Удобрения содержат основные элементы питания растений: фосфор Р, калий К, азот N и вещества, которые улучшают физические, химические и биологические свойства почвы и тем самым способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных растений. Различают минеральные и органические удобрения.

*Минеральные удобрения* получают из природных ископаемых и азота воздуха. Промышленность выпускает их в виде гранул размером 1...5 мм, кристаллов, порошков или жидкостей. По содержанию питательных элементов минеральные удобрения бывают простые, содержащие один элемент, и сложные, составленные из двух-трех питательных элементов. Жидкие минеральные удобрения, содержащие несколько питательных элементов, называют комплексными (ЖКУ).

*Органические удобрения* содержат вещество животного или растительного происхождения. К ним относятся: навоз (твёрдый перепревший, жидкий и полужидкий), навозная жижа, торф, компости, растительная масса, заделываемая в почву. Навоз собирают на животноводческих фермах с применением способов, обеспечивающих его обеззараживание, сохранение питательных элементов и получение массы, наиболее пригодной для механизированного внесения в почву. Из навоза, торфа и минеральных удобрений приготавливают компости.

*Мелиоранты* (пылевидная известковая и доломитовая мука, известковый туф, гожа и специальные химические вещества) применяют для снижения кислотности и улучшения физических свойств почв.

Для внесения удобрений и мелиорантов используют комплексы машин, включающие машины для подготовки, погрузки, транспортировки и рассева удобрений на

поле. Промышленность выпускает пять комплексов машин для внесения минеральных (твердых неаэрируемых, твердых аэрируемых, жидких комплексных, аммиачной воды и безводного аммиака) и два комплекса для внесения органических (твердых и жидких) удобрений. При внесении удобрений применяют различные технологии.

## 2. Элементы теории и расчета машин для внесения органических и минеральных удобрений.

Машины для внесения твердых органических удобрений подразделяют на кузовные разбрасыватели и разбрасыватели из куч. Наиболее распространены кузовные разбрасыватели. Они установлены на одно- или двухосные прицепы, которые выполнены, как правило, универсальными, т. е. после снятия разбрасывающих устройств могут быть использованы как тракторные саморазгружающиеся полуприцепы, так и прицепы.

В процессе работы навозоразбрасывателя (рис. 1) верхняя ветвь транспортера 3 перемещает удобрения, находящиеся в кузове 4 слоем Н, с малой скоростью  $U_{TP}$  к разбрасывающему устройству, состоящему из двух шнеко-лопастных барабанов: нижнего 1 измельчающего и верхнего 2 разбрасывающего. При этом лопасти барабана 1 интенсивно рыхлят навоз, измельчают соломистые включения и направляют разрыхленную и измельченную массу на барабан 2, который разбрасывает ее по полю. Так как шнековая навивка на барабане от оси симметрии навозоразбрасывателя расходится влево и вправо к периферии, то ширина ВР полосы разброса удобрений значительно превышает ширину ВК кузова ( $VR \gg VK$ ). Таким образом, навозоразбрасыватель включает два основных рабочих органа: дозатор и разбрасыватель.

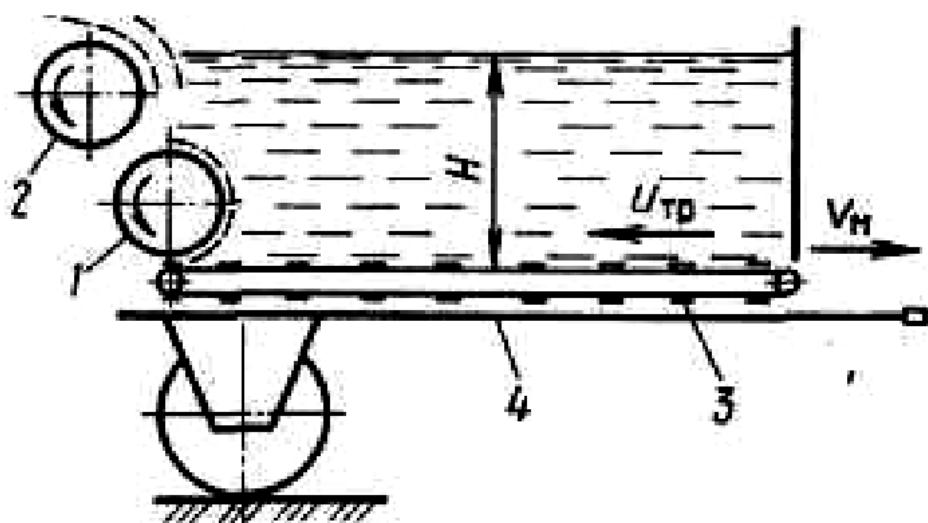


Рис. 1 - Схема рабочего процесса навозоразбрасывателя:

1, 2 – нижний и верхний барабаны; 3 – транспортер; 4 – кузов

В наиболее распространенных кузовных разбрасывателях дозирующим устройством служат цепочно-планчатые (цепочно-скребковые и цепочно-прутковые) транспортеры, размещенные на дне питающих емкостей (прицепов или полуприцепов). Секундная подача удобрений транспортером зависит от его скорости  $U_{TP}$  и ширины транспортера  $B_K$ , толщины  $H$  слоя удобрений (высоты кузова) и плотности  $\rho$ . Она определяется по формуле

$$q = \rho U_{TP} B_K H.$$

При заданной дозе  $Q$  внесения удобрений скорости  $V_M$  движения машины и ширине  $B_P$  разбрасывания секундная подача удобрений должна составлять

$$q_3 = Q B_P V_M.$$

Так как величины  $B_K$ ,  $H$  и  $B_P$  для конкретного навозоразбрасывателя постоянны, то для настройки его на заданную дозу  $Q$  при определенном значении  $\rho$ , нужно изменить скорость  $U_{TP}$  или  $V_M$ . Так как при настройке  $q = q_3$ , то, приравняв правые части формул, получим скорость транспортера

$$U_{TP} = Q B_P / (\rho B_K H).$$

Таким образом, при изменении значения  $\rho$  настройка должна быть изменена варьированием скорости  $U_{TP}$ . Транспортер приводится кривошипно-ползунным и храповым механизмами (рис. 2).

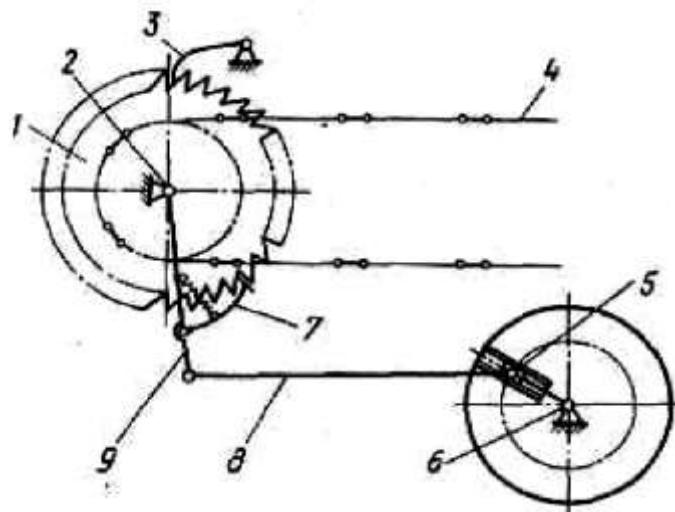


Рис. 2 – Механизм привода транспортера навозоразбрасывателя:

1 – храповое колесо; 2 – ведущий вал; 3, 7 – предохранительная и ведущая собачки; 4 – цепь; 5 – кулисный механизм кривошипа; 6 – вал кривошипа; 8 – шатун; 9 – коромысло

Храповое колесо 1 жестко закреплено на ведущем валу 2 транспортера, вал 6 кривошипа соединен с валом редуктора, приводимого от ВОМ трактора. При рабочем движении собачка 7 упирается в зуб колеса 1 и вместе с ним поворачивает вал 2 транспортера. От обратного движения колесо 1 удерживает собачку 3. Для регулирования скорости УТР служит кулисный механизм 5, которым изменяют радиус (эксцентрикитет) пальца кривошипа, а вместе с ним ход шатуна 8 и амплитуду колебаний коромысла 9. При этом транспортер движется прерывисто. Его средняя скорость при таком регулировании может изменяться в пределах 0,006...0,06 м/с. При разбрасывании навоза из куч размеры дозирующего окна валкообразователя изменяют по ширине от 0,2 до 1,0 м, по высоте от 0,12 до 0,35 м.

Для разбрасывания органических удобрений используют роторные устройства с горизонтальной осью вращения. Рабочий процесс их состоит из двух фаз: относительного перемещения частиц удобрений по лопасти (лопатке) ротора (барабана, битера) и свободного полета под действием сообщенной им кинетической энергии (скорости) и силы тяжести.

Первая фаза начинается с момента выхода лопасти из массы удобрений, т.е. при повороте ее на угол  $\gamma_0$  (рис. 3), и характеризуется движением частиц в вертикальной плоскости вдоль лопасти.

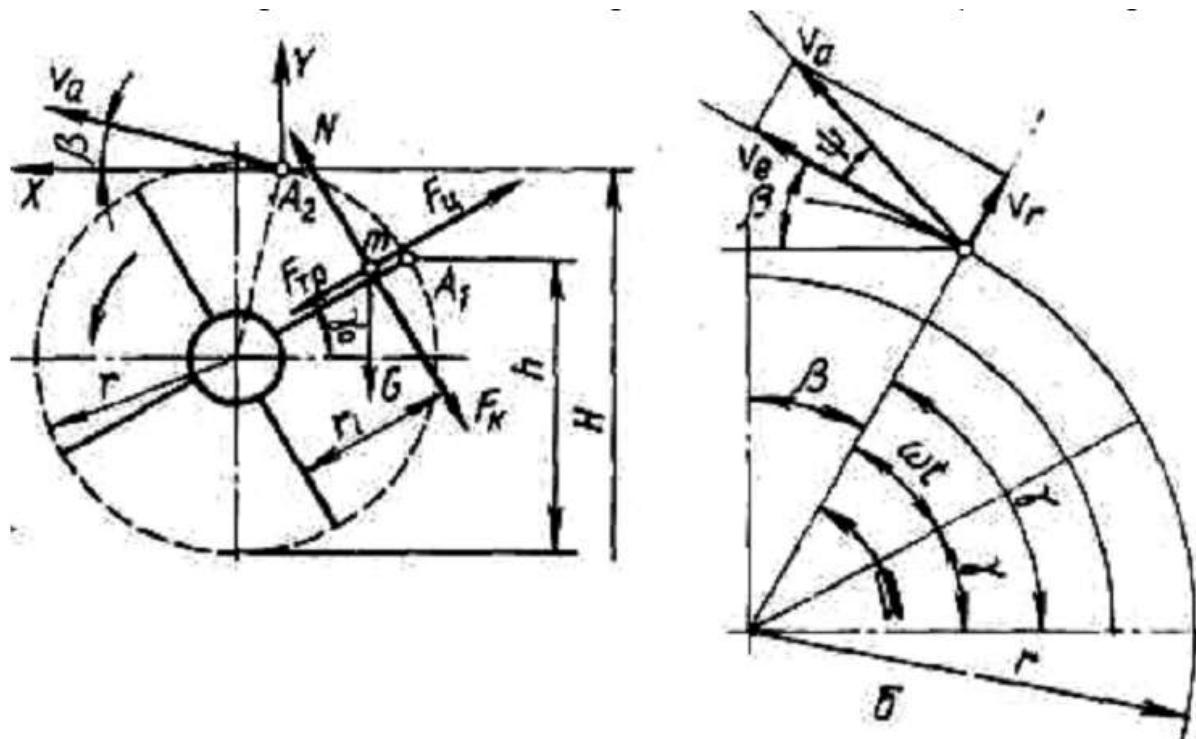


Рис. 3 – Схемы к расчету процесса разбрасывания органических удобрений роторным аппаратом с горизонтальной осью вращения:  
а – действующие силы; б – схемы движения

При этом на частицу массой  $m$  действуют сила тяжести  $G = mg$ , центробежная сила инерции  $F_U = mw^2r_i$ , кориолисова сила  $F_K = 2mwr_i$ , сила трения о лопасть  $F_{TP} = f(mg\cos\omega t + 2mwr_i)$ .

Условие движения частицы по лопасти в первом квадранте, т.е. при  $\gamma \leq \pi/2$ :[2]

$$mwr_i - mgsin\gamma \geq F_{TP} = f(mg\cos\gamma + 2mwV_r).$$

Из этого уравнения можно определить относительную скорость частицы вдоль лопасти  $V_r = r_i$  и ее конечное значение, т.е. при  $r_i = r$ . Дальность разбрасывания удобрений зависит от их абсолютной скорости в момент схода с лопасти. Скорость  $V_a$  равна геометрической сумме переносной (окружной) скорости  $V_e = wr$  и относительной скорости  $V_r$  вдоль лопасти, т.е.  $V_a = wr + V_r$ . У навозоразбрасывателей  $V_r = 4,0...4,2$  м/с,  $V_e = 12,0...12,5$  м/с,  $V_a = 12,8...13,2$  м/с. Угол  $\psi = 16...19^\circ$ . Как видно,  $V_r$  значительно меньше  $V_e$  и существенно не влияет на скорость  $V_a$ , поэтому для упрощения расчетов можно принять  $V_a \approx V_e$ .

Чтобы частицы навоза отбрасывались дальше, они должны сходить с лопасти в первом квадранте, что зависит от толщины  $h$  слоя удобрений. Чем он больше, тем больше угол  $\gamma_0$ , при котором удобрения начинают сходить с лопасти. У навозоразбрасывателей угол  $\gamma = 30^\circ$ . Из-за различного расположения частиц удобрений по длине лопасти они будут сходить с нее в процессе поворота на угол  $\theta = \omega t$ , которому соответствует дуга  $A_1A_2$ . У существующих конструкций  $\theta = 30...35^\circ$ .

Вторая фаза представляет собой движение тела, брошенного со скоростью  $V_a \approx V_e = wr$  под углом  $\beta$  к горизонту с высоты  $H$  над поверхностью поля. Дальность полета частицы при этом составляет

$$x = V_a^2 \sin 2\beta / (2g) + V_a \cos \beta \sqrt{V_a^2 \sin^2 \beta + 2gH/g}.$$

Разбрасывающие устройства применяют двух видов: с осью вращения, параллельной направлению движения и перпендикулярной ему. В первом случае основным рабочим органом при разбрасывании из куч служит ротор, а при разбрасывании из кузова прицепа – барабан. Ротор, как правило, имеет четыре лопасти, диаметром 700...1200 мм и вращается с частотой 320...500 мин<sup>-1</sup>, частота вращения барабана 500 мин<sup>-1</sup>, дальность полета удобрений до 12 м. Во втором случае в качестве основного рабочего органа используется барабан (битер), представляющий собой полую трубу, на которой рабочие элементы (лопатки, лента и т.п.) размещены влево и вправо от центра ее по винтовой линии (рис. 10.4) с левой и правой навивками.

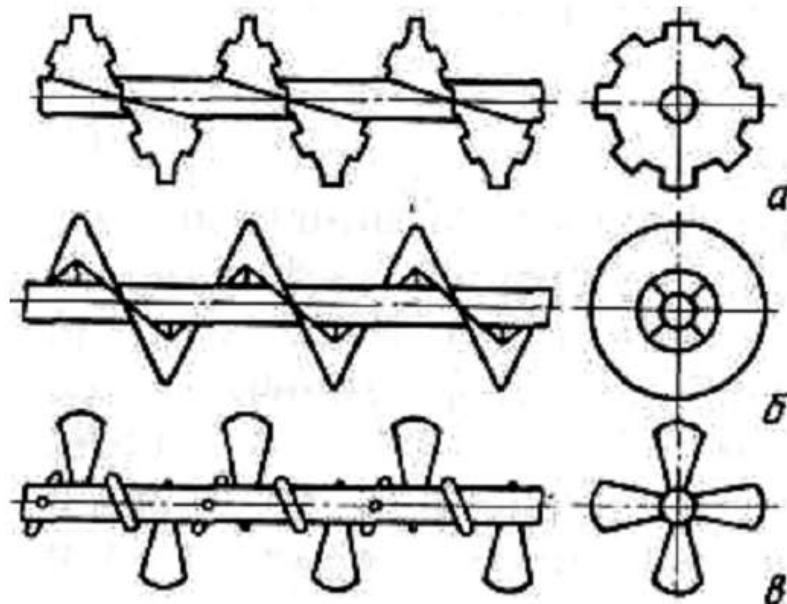


Рис. 4 – Типы разбрасывающих барабанов:

а – шнеколопастный; б – ленточный; в – лопастный

Диаметр барабана  $d_B = 0,28 \dots 0,32$  м, длина барабана  $L = 1,6 \dots 1,8$  м. Ширина разбрасывания зависит от дальности  $l$  полета удобрений

$$B_P = 2l + B_K.$$

У существующих навозоразбрасывателей при высота барабана над полем  $H = 1,6 \dots 1,7$  м, время полета частицы  $t\Pi = 0,16 \dots 0,17$  с, дальность полета удобрений  $l = 1,6 \dots 1,7$  м, ширина полосы разброса удобрений  $B_P = 5,0 \dots 6,2$  м, т.е.  $B_P$  примерно в 3 раза больше, чем  $B_K$ .

Навозоразбрасыватели работают надежно (без забивания), если производительность разбрасывающего устройства превышает секундную подачу транспортера, т.е.  $qP \geq qTP$ . Так как производительность машины зависит от частоты вращения разбрасывающего барабана  $n_B$ , то надежная работа обеспечивается при условии

$$n_B \geq H_K B_K U_{TP} / (Zbh\pi d_B),$$

где  $H_K$  – толщина слоя удобрений в кузове;  $B_K$  – ширина кузова;  $U_{TP}$  – скорость транспортера;  $Z$  – количество разбрасывающих лопаток;  $b$  – ширина полосы навоза, захватываемой лопatkой;  $h$  – высота захвата массы (высота лопатки, ленты и т.п.);  $d_B$  – диаметр барабана.

### 3. Агротехнические требования и контроль качества работы.

**Агротехнические требования.** Следжавшиеся удобрения перед использованием необходимо измельчить и просеять. Размер частиц после измельчения должен быть не более 5 мм, содержание частиц размером менее 1 мм допускается не более 6 %. В

процессе растаривания потери удобрений с бумажной мешкотарой не должны превышать 1 %, а с полиэтиленовой - 0,5 %. Содержание лоскутов мешкотары в измельченных удобрениях не должно превышать 3 % массы бумажных и 0,7 % массы полиэтиленовых мешков.

При смешивании удобрений влажность исходных компонентов не должна отличаться от стандартной более чем на 25 %. Отклонение от заданного соотношения питательных элементов в тукосмеси допускается не более  $\pm 10\%$ .

При сплошном внесении минеральных удобрений отклонение фактической дозы от заданной допускается не более  $\pm 5\%$ , неравномерность распределения удобрений по ширине захвата при внесении оптимальных доз - не более  $\pm 15\%$ , а при внесении умеренных доз - до  $\pm 25\%$ . Необработанные поворотные полосы и пропуски между соседними проходами агрегата не допускаются. Время между внесением удобрений и их заделкой не должно превышать 12ч.

При подкормке удобрения должны быть заделаны в почву на 2...3 см глубже и на 3...4 см в стороне от рядка семян. Допустимое отклонение фактической дозы внесения удобрений комбинированными сеялками от заданной должно быть не более  $\pm 10\%$ .

При внесении органических удобрений отклонение фактической дозы от заданной допускается не более  $\pm 5\%$ , неравномерность распределения по ширине разбрасывания - не более  $\pm 25\%$ , по направлению движения - не более  $\pm 10\%$ .

#### 4. Способы и технологии внесения удобрений.

**Технологии внесения удобрений** определяют необходимый набор и последовательность выполнения машинами технологических процессов. Наиболее распространены четыре технологии:

прямоточная - удобрения на складе загружают в разбрасыватель, который вывозит их в поле и вносит в почву. Технология экономически эффективна при небольшом расстоянии перевозки удобрений, которое для разбрасывателей грузоподъемностью 4, 8 и 16 т не должно превышать соответственно 1, 3 и 4 км;

перегрузочная - удобрения из хранилища загружают в транспортировщики-перегрузчики, вывозят в поле, перегружают в полевой разбрасыватель и вносят в почву. Технология эффективна при перевозке удобрений на расстояние до 10 км;

перевалочная - удобрения (ЖКУ, аммиак) со склада вывозят транспортными машинами в поле и выгружают в кучи или передвижные емкости. В установленные агротехнические сроки удобрения из куч загружают в разбрасыватель и вносят в почву;

двуихфазная - твердые органические удобрения (навоз) вывозят в поле и укладывают в кучи, расположенные рядами. Удобрения из куч рассеваются по полю валкователем-разбрасывателем.

При рассеве удобрений разбрасыватели регулируют на заданную дозу внесения. Доза внесения - это количество удобрений, запланированное для распределения на площади 1 га. В зависимости от вида и состояния удобрений единица измерения дозы следующая: кг/га, т/га, л/га. Дозу внесения устанавливает агроном. Она может быть оптимальной, рассчитанной на максимальное использование потенциала возделываемых растений, или умеренной, вызванной недостатком удобрений.

**Способы внесения удобрений** определяет агротехника. В зависимости от времени внесения различают предпосевной, припосевной и послепосевной (подкормка) способы.

*Предпосевной способ*, называемый основным, сплошным или разбросным, применяют для внесения основной массы туков, всех мелиорантов и органических удобрений. При сплошном способе удобрения, равномерно разбросанные (рассеянные) по полю, во время вспашки или предпосевной культивации заделывают в почву на глубину 10...20 см. Удобрения, размещенные в зоне наиболее развитой корневой системы, доступны для растений в течение вегетационного периода. Более эффективными являются внутрипочвенное внесение туков, размещение их лентами, строчками, гнездами во влагообеспеченном слое почвы. При этом снижается расход удобрений, уменьшается их вынос со сточными водами, облегчается управление развитием растений.

Проходит испытания технология дифференцированного внесения удобрений, при которой полевая машина по команде компьютера вносит различные дозы удобрений с учетом пестроты плодородия поля и реальной потребности почвы в пределах элементарных координатных площадок в том или ином элементе питания.

*Припосевное внесение* выполняют одновременно с посевом. Удобрения вносят сеялками в почву вместе с семенами или вблизи них.

*Подкормка растений* удобрениями происходит одновременно с культивацией междуурядий. Культуры сплошного посева, например, зерновые, подкармливают при помощи наземных агрегатов, для перемещения которых при посеве оставляют технологическую колею. Когда работа наземных машин затруднена из-за повышенной влажности почвы, то, чтобы уложиться в оптимальные агротехнические сроки, целесообразно применять самолеты, вертолеты и легкие летательные аппараты.

## **1. 6 Лекция № 7,8 (4 часа).**

**Тема:** «Машины для защиты растений от вредителей и болезней»

### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Методы защиты растений.
2. Основные типы машин.
3. Протравливатели, опыливатели, опрыскиватели, аэрозольные генераторы. Ультра-, малообъемное опрыскивание.
4. Основные тенденции и перспективы развития технологий и машин для защиты растений.
5. Меры безопасности.

### **1.6.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Методы защиты растений.

Вредители и болезни сельскохозяйственных растений, а также сорная растительность являются причиной потерь значительной части урожая и снижения его качества. Поэтому при возделывании сельскохозяйственных культур, особенно при интенсивных технологиях производства продукции растениеводства, важно применять интегральную систему защиты растений, предусматривающую комплекс агротехнических, механических, биологических, физических и химических методов.

**Агротехнический способ** наиболее доступен и безопасен для человека и окружающей среды. Он основан на применении научно обоснованных севооборотов и передовых технологий возделывания сельскохозяйственных культур, использовании районированных болезнестойких сортов, рациональных систем обработки почвы, качественного посева, ухода за ними и уборки урожая. При выполнении этих мероприятий можно предупредить проникновение ряда опасных заболеваний, вредителей и сорняков, но нельзя уничтожить развивающиеся сорняки и вредителей.

**Механический способ** направлен на уничтожение появившихся сорняков и вредителей с помощью различных механических средств или приспособлений. Этот способ прост, безопасен для людей и окружающей среды, эффективен при борьбе с сорняками, но малоэффективен при борьбе со многими вредителями.

**Биологический способ** основан на использовании для борьбы с вредителями растений их естественных врагов, а также бактериальных препаратов, вызывающих гибель насекомых и возбудителей болезней. Способ безопасен для людей и животных, однако не позволяет полностью уничтожить всех вредителей растений.

**Физический способ** предусматривает воздействия на семена и растения высоких и низких температур, ультразвука, токов высокой частоты, различных видов излучения. Однако применение этого способа ограничено из-за его сложности.

Лазерная обработка – экологически чистый способ, позволяющий повысить посевные и урожайные свойства семян.

**Химический способ** основан на воздействии на вредителей, болезни и сорную растительность химических препаратов. Это наиболее распространенный и эффективный способ, применяя который, можно в кратчайший период уничтожить практически всех вредителей и сорную растительность, обезвредить культурные растения от болезней. Однако данный способ является самым опасным для человека и окружающей среды.

Общее название химических средств защиты растений - «пестициды». Пестициды (от лат. pestis - зараза и лат. caedo - убиваю) представляют собой химические вещества, используемые для борьбы с вредными организмами.

По воздействию их подразделяют: на инсектициды - для защиты от вредных насекомых, фунгициды - от болезней, гербициды - от сорняков, дефолианты - для опадения листьев, десиканты - для подсушки растений. Пестициды наносят на семена, растения, почву, стены складских помещений в виде растворов, суспензий или тонкоразмолотого порошка. При использовании пестицидов необходимо всегда помнить, что большинство их ядовиты для людей, а также домашних и диких животных, пчел, птиц, рыб.

Различают следующие способы химической защиты растений: протравливание семян; опрыскивание и опыливание пестицидами растений и почвы; нанесение аэрозолей на растения и обработка теплиц, зернохранилищ; фумигация растений, почвы, складов и семян; разбрасывание отравленных приманок.

**Агротехнические требования.** Посевы обрабатывают пестицидами в сжатые агротехнические сроки в соответствии с зональными рекомендациями и по указанию службы химзащиты растений. Рабочая жидкость должна быть однородной по составу, отклонение ее концентрации от расчетной не должно превышать  $\pm 5\%$ . При протравливании машины не должны повреждать семена. Покрытие семян пестицидами должно быть равномерное. Отклонение фактической дозы от заданной допускается не более  $\pm 3\%$ .

При опрыскивании и опыливании машины должны равномерно распределять заданную норму пестицидов по площади поля. Допускается неравномерность распределения рабочих жидкостей по ширине захвата до 30 %, а по длине гона до 25 %. Допустимое отклонение фактической дозы от заданной при опыливании  $\pm 15\%$ , при

опрыскивании +15 и -20%. Опрыскивать посевы можно при скорости ветра не более 5 м/с, опрыливать — не более 3 м/с при температуре воздуха не выше 23°C и при отсутствии восходящих токов воздуха. Не рекомендуется обрабатывать посевы перед ожидаемыми осадками или во время дождя. Если в течение суток после опрыскивания прошел дождь, то опрыскивание повторяют. Не следует опрыскивать растения в период их цветения.

## 2. Основные типы машин.

Системой машин для химической защиты растений предусмотрены выпуск и использование отдельных групп машин: опрыскивателей, протравливателей, опрыливателей, аэрозольных генераторов, машин для приготовления и заправки опрыскивателей жидкими химикатами.

**Опрыскиватели** - предназначены для дробления жидких химикатов и равномерного нанесения их в мелко распыленном виде на растения или почву с целью борьбы с вредителями и возбудителями болезней растений, уничтожения сорняков, дефолиации листьев и десикации растений.

Крупные капли меньше сносятся ветром, хорошо осаждаются на листовой поверхности, но распределяются, неравномерно концентрируясь основном по краям листьев и в нижней части растений, вызывая ожоги.

Мелкие капли лучше удерживаются на поверхности листьев и меньше смываются дождем. Они лучше проникают в гущу кроны и осаждаются на обратной стороне, но могут сносится ветром за пределы обрабатываемой поверхности.

**Полнообъемные** – распыливают рабочую жидкость слабой концентрации на крупные капли размером более 250 мкм и вносят ее на полевые культуры дозами 300...600 л/га, на многолеиние насаждения дозами 800...2000 л/га.

**Малообъемные** – распыливают жидкость на капли размером 50...250 мкм и вносят ее при обработке полевых культур дозами 10...20 л/га.

**Ультрамалообъемные** – распыливают высококонцентрированный жидкий раствор на капли размером 25...125 мкм.

Опрыскиватели *по назначению* делят на специальные (для обработки садов, виноградников, полевых культур) и универсальные; *по расходу рабочей жидкости* – объемные, мало- и ультра малообъемные; *по принципу действия* – штанговые (гидравлические), у которых распыл жидкости происходит за счет давления, и вентиляторные, у которых рабочая жидкость дробится под действием давления и воздушной струи, *по виду привода* – ранцевые (ручные), тракторные, авиационные,

тачечные. Тракторные опрыскиватели в свою очередь, делят на навесные, прицепные и монтируемые.

Опыливатели бывают ручные, тракторные и авиационные. Протравливатели делят по технологическому процессу на порционного и непрерывного действия, а по типу рабочего органа – на камерные, шнековые и барабанные.

3. Протравливатели, опыливатели, опрыскиватели, аэрозольные генераторы. Ультра-, малообъемное опрыскивание.

**Способы протравливания семян.** Для уничтожения возбудителей болезней семена протравливают сухим, полусухим, мокрым, мелкодисперсным или термическим способом.

*Сухой способ.* Семена смешивают с пылевидным пестицидом. По сравнению с другими способами расход пестицида наименьший и семена можно протравливать задолго до посева. Но препарат плохо удерживается на поверхности семян, часть его теряется, ухудшаются гигиенические условия труда. Эти недостатки снижают увлажнением семян и порошка во время протравливания, применением концентрированного раствора протравителя и клеющих веществ.

*Мокрый способ* протравливания трудоемкий. Семена увлажняют раствором формалина, выдерживают несколько часов под брезентом, затем высушивают.

*Термический способ.* Семена погружают в воду, нагретую до 50°C, а затем сушат. Способ сложный, но наиболее эффективный для подавления пыльной головни зерновых.

*Мелкодисперсный способ.* Семена обрабатывают суспензией — механической смесью распыленного химиката с водой; в ней мельчайшие частицы химиката находятся во взвешенном состоянии.

Для протравливания используют машины ПС-10А, ПСШ-5, ПСК-20 и стационарный комплекс КПС-10.

**Самоходный протравливатель ПС-10А** предназначен для обеззараживания семян зерновых, зернобобовых и технических культур водными суспензиями пестицидов.

Основные рабочие агрегаты и механизмы протравливателя ПС-10А (рис. 1): устройство для приготовления суспензии, бункер семян, камера протравливания, насос-дозатор, система аспирации, датчики, транспортеры. Механизмы машины приводятся в действие электродвигателями.

Устройство для приготовления суспензии состоит из резервуара 3, заправочного насоса 1, всасывающей и нагнетательной магистралей. В резервуаре 3 смонтированы

мешалки 29, датчики 2 и 5 уровня жидкости, электронагреватели 49 служащие для подогрева супензии при температуре воздуха ниже 0°C.

Бункер семян 15 оборудован распределителем, составленным из дозировочного стакана и вращающегося диска 28. Подачу семян изменяют, перемещая дозировочный стакан с помощью регулятора 33. Бункер семян снабжен датчиком 13, который автоматически прерывает работу после опорожнения бункера, и датчиком 14, включающим механизмы для его заполнения.

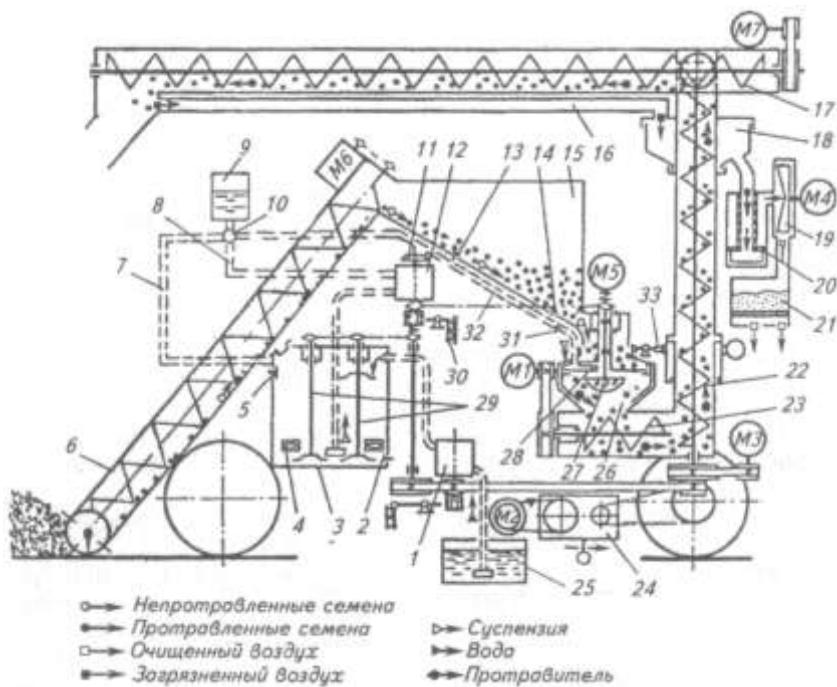


Рис. – 1 Схема рабочего процесса протравливателя ПС-10А:

1 - насос; 2, 5, 13, 14, 31 - датчики; 3 - резервуар супензии; 4 - электронагреватель; 6 - загрузочный транспортер; 7, 8, 32 - трубопроводы; 9 - мерный цилиндр; 10 - кран; 11 - регулятор насоса-дозатора; 12 - насос-дозатор; 15 - бункер семян; 16 - всасывающая труба; 17, 22 - выгрузные шнеки; 18 - воздуховод с коллектором; 19 - вентилятор; 20 - воздухоочистительное устройство; 21 - фильтр; 23 - шнек-смеситель; 24 - механизм передвижения; 25 - заправщик водой; 26 - камера протравливания; 27 - распылитель; 28 - диск; 29 - мешалки; 30 - электромагнит; 33 - регулятор подачи семян; M1...M7 - электродвигатели.

Камера протравливания 26 снабжена шнеком-смесителем 23 и центробежным распылителем 27 супензии. Шнек-смеситель 23 перелопачивает семена, смоченные супензией, а также выводит протравленные семена из камеры.

Насос-дозатор 12 состоит из эксцентрикового вала и диафрагмы, движущейся возвратно-поступательно. При движении диафрагмы в одну сторону супензия поступает в камеру крышки, в другую — вытесняется из камеры в нагнетательную магистраль 8. Поворачивая диск регулятора 11, изменяют ход диафрагмы, а, следовательно, подачу супензии в камеру протравливания. Движение супензии в трубопроводе 32 контролирует датчик 31.

Система аспирации состоит из вентилятора 19, всасывающей трубы, воздухоочистительного устройства 20 и фильтра 21.

Протравливатель ПС-10А оснащен шнековыми транспортерами 6, 17, 22 и 23, представляющими собой трубы, внутри которых врачаются валы с витками. Загрузочный транспортер 6 снабжен боковыми шнеками-питателями.

Для приготовления суспензии в резервуар 3 насосом 7 подают воду. Заполнение резервуара контролирует датчик 5. Через горловину в резервуар засыпают пестицид, kleящие и стимулирующие добавки.

Содержимое резервуара перемешивают в течение 5...10 мин мешалками 29. При пониженной температуре включают электронагреватели 4.

*Рабочий процесс.* Загрузочный транспортер 6 подает семена в бункер 15. Из него семена высыпаются в распределитель на диск 28, с которого под действием центробежной силы поступают в камеру протравливания 26. Насос-дозатор 12 засасывает из резервуара 3 приготовленную суспензию и подает в корпус крана 10, а от него по трубопроводу 32 на распылитель 27, который превращает ее в мелкодисперсное состояние. Пересекая факел распыленной суспензии, семена покрываются ею и падают в кожух шнека 23 камеры протравливания.

Шнековые транспортеры 23, 22 и 17 выгружают протравленные семена из машины.

Транспортер 17 можно поворачивать на угол  $320^\circ$  в горизонтальной плоскости относительно оси шнека 22, что ускоряет загрузку кузова транспортной машины. Транспортер можно наклонять также в вертикальной плоскости на угол  $\pm 15^\circ$ . Если требуется выгрузить семена в кузов автомашины, к горловине кожуха присоединяют лоток; при затаривании в мешки — раструб с двумя рукавами и перекидной заслонкой.

Протравливатель используют в ручном и автоматическом режимах. В ручном режиме регулируют рабочие органы, подогревают суспензию, заполняют бак водой, маневрируют перемещением машины, включают механизмы загрузки и выгрузки семян, распыла суспензии, удаления загрязненного воздуха, а также приводы механизмов.

Для установки ПС-10А на дозу расхода пестицида пользуются регуляторами подачи семян и суспензии, мерным цилиндром 9 и таблицами инструкции.

Воздух, загрязненный пестицидами, засасывается вентилятором 19 в воздухоочистительное устройство 20. Очищенный воздух нагнетается в фильтр 21 с активированным угольным поглотителем.

ПС-10А передвигается от электродвигателя. Включать и выключать самоход можно кнопками пульта управления.

Семена протравливают, установив машину для работы в автоматическом режиме. При опорожнении бункера 15 семян датчик 14 отключает привод насоса-дозатора 12 супензии и диска 28 подачи семян и включает электродвигатель самохода. Машина заполняется из бурта семенами до уровня датчика 14, последний включает насос-дозатор супензии и отключает самоход. Когда уровень семян в бункере достигнет датчика 13, отключается электродвигатель загрузочного транспортера. Поступление супензии на распылитель контролируют датчик 31 и сигнальные лампы пульта управления. При опорожнении резервуара 3 супензии датчик 2 отключает электродвигатели и работа машины прекращается.

Для измерения фактической подачи супензии кран 10 переключают, и жидкость от насоса поступает в мерный цилиндр 9.

Включение сети, насоса 7, протравливание, подогрев супензии контролируют лампы на пульте управления.

Производительность машины при протравливании пшеницы до 22 т/ч, суммарная мощность сети электродвигателей 5,2 кВт, подача супензии 0,5...4,0 л/мин, вместимость резервуара супензии 200 л, высота подачи протравленных семян в бункер транспортного средства 2,4 м. Агрегат обслуживает машинист.

*Подготовка протравливателя к работе.* Перед началом работы проверяют техническое состояние протравливателя, герметичность соединений трубопроводов и исправность системы автоматического контроля подачи семян и супензии. Устраняют выявленные неисправности и регулируют протравливателя на заданную норму нанесения пестицидов на семена. Засыпают в резервуар пестицид массой М, заполняют водой и приготавливают рабочую супензию.

Определяют расход супензии  $q$  (л/мин) по формуле

$$q = \frac{Q \cdot W \cdot E}{60 \cdot M},$$

где  $Q$  — доза внесения исходного пестицида, кг/т или л/т (для жидких пестицидов);  $W$  — производительность, т/ч;  $E$  — вместимость резервуара, л;  $M$  — масса (объем) исходного пестицида, засыпаемого (заливаемого) в резервуар (25 или 50 кг).

Затем по таблице 1 определяют положение регуляторов дозатора и подачи семян и устанавливают их в это положение.

**1. Расход суспензии и подача семян**

Показатель	Значение показателей								
	3	5	7	9	11	13	15	18	20
Деление шкал дозатора суспензии и регулятора подачи семян									
Расход суспензии, л/мин	0,4	0,8	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,6	4,0
Подача (производительность) семян пшеницы, т/ч	2	4	6	8	10	12	14	17	20

Опытным путем определяют фактический расход суспензии за 1 мин, для чего кран 10 (см. рис. 1) мерного цилиндра 9 устанавливают в положение для взятия проб, включают привод насоса-дозатора 12 и засекают время заполнения сосуда. Если фактический расход отличается от расчетного более чем на 3 %, то регулятор 11 насоса-дозатора 12 поворачивают в другое положение и повторяют опыт.

После подбора нужной производительности дозатора суспензии кран 10 мерного цилиндра 9 переключают в положение «Протравливание», переключатель режима работы машины устанавливают в положение «А» и пускают протравливатель в работу. Периодически контролируют расход суспензии с помощью мерного цилиндра и подачу семян. Для этого семена собирают в тару, взвешивают и делят массу на продолжительность опыта.

**Протравливатель ПСШ-5** предназначен для предпосевной обработки водными суспензиями протравителей небольших партий семян зерновых, зернобобовых и технических культур. Производительность при обработке зерновых культур 5 т/ч.

**Протравливатель ПСК-20**, предназначенный для предпосевной обработки семенного картофеля, снабжен пунктом приготовления и подачи рабочей жидкости и камерой протравливания, монтируемой на выгрузном транспортере загрузчика картофеля ТЗК-30. Клубни обрабатываются препаратом при движении их в камере протравливания. Производительность до 30 т/ч. Вместимость резервуара 630 л, норма расхода рабочей жидкости 3...8 л/т. Потребная мощность электропривода 6 кВт.

**Ультрамалообъемный протравливатель ПУМ-30** предназначен для обработки семенных клубней картофеля перед закладкой их в хранилища и при подготовке к посадке. Камеру протравливания, снаженную дисковыми распылителями, устанавливают на транспортере загрузчика ТЗК-30 или сортировального пункта КСП-15. Рабочая жидкость, приготовленная в блоке подачи и дозирования, поступает к распылителям, дробится на капли размером 40...80 мкм и наносится на клубни, движущиеся с лентой транспортера через камеру протравливания. Норма расхода рабочей жидкости 0,06...0,24 л/т. Производительность до 30 т/ч.

Для защиты сельскохозяйственных культур и деревьев от отдельных видов вредителей применяют метод опыливания: наносят на растения распыленный сухой порошок пестицида. Для этого используют специальные машины-опылыватели.

Метод опыливания по сравнению с методом опрыскивания имеет и преимущества, и недостатки. Так, опылыватели значительно проще по конструкции, не требуют машин и воды для приготовления рабочей жидкости, вследствие чего уменьшаются затраты труда и средств. Однако расход пестицида увеличивается в 3...5 раз, так как сухой порошок недостаточно прилипает к листьям, сдувается ветром; кроме того, загрязняется атмосфера. Разрабатывают способы повышения прилипаемости порошка к растениям путем смачивания его на выходе из распылителя водой или минеральным маслом, что позволяет почти вдвое снизить расход пестицида.

Опылыватели оснащают щелевидными, ложечными, секирообразными и комбинированными наконечниками. Щелевидный наконечник (рис. 2, а) образует веерообразный поток. Ложечный наконечник (рис. 2, б) применяют в ручном аппарате для опыливания нижней поверхности листьев. Секирообразный наконечник (рис. 2, в), в выходном отверстии которого расположены направляющие перегородки, равномерно опыливает высокие полевые растения. Комбинированный наконечник (рис. 2, г) может увлажнять рабочий пестицид. Для этого в цилиндрическом сопле закрепляют жидкостный наконечник. Сухой порошок, выдуваемый через цилиндрическое сопло, смачивается распыленной жидкостью.

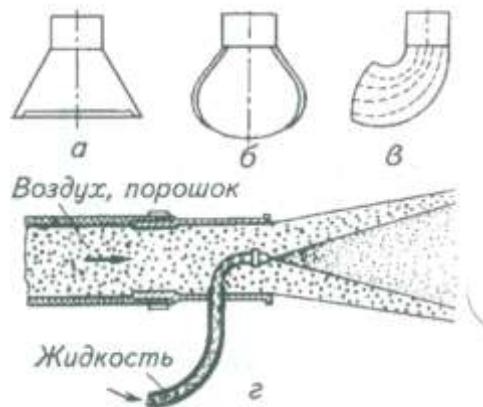


Рис. 2 – Распыливающие наконечники опылывателей:  
а - щелевидный; б - ложечный; в - секирообразный; г - комбинированный

**Широкозахватный универсальный опылыватель ОШУ-50А** (рис. 3) предназначен для борьбы с вредителями и болезнями садов, виноградников, полевых культур, лесополос путем опыливания их сухим распыленным пестицидом. ОШУ-50А

можно использовать на равнинах и горных склонах крутизной до  $20^{\circ}$ . Машина снабжена садово-полевым распыливающим устройством (см. рис. 3, а) для обработки полевых культур и лесополос и виноградниковым (см. рис. 3, б) для опыливания виноградников и кустарников.

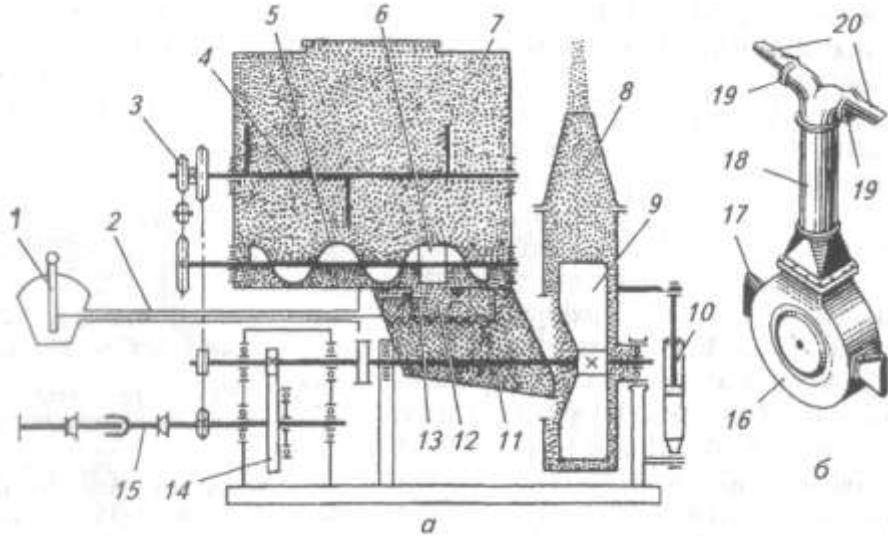


Рис. 3 – Опыливатель ОШУ-50А:

а - схема рабочего процесса машины, оборудованной садово-полевым распыливающим устройством; б - виноградникное распыливающее устройство; 1 - рычаг с сектором и шкалой; 2 - трос; 3 - цепная передача; 4 - ворошитель; 5 - шнек; 6 - протирочная катушка; 7 - бункер; 8 - щелевидный распылитель; 9 - вентилятор; 10 - гидроцилиндр; 11 - желоб; 12 - отверстие выхода пестицида; 13 - заслонка; 14 - редуктор; 15 - ВОМ трактора; 16 - кожух вентилятора; 17 - щелевидные наконечники; 18 - труба; 19 - выходные отверстия пылевой трубы; 20 – лопатки.

Основные сборочные единицы машины — бункер и распыливающее устройство.

Бункер 7 (см. рис. 3, а) герметизирован. В нем установлен вращающийся ворошитель 4, который рыхлит пестицид и устраниет сводообразование. Шнек 5 снабжен протирочной катушкой 6, расположенной над отверстием 12 в дне ящика. Шнек 5 перемещает порошок к отверстию 12, а катушка выталкивает его в желоб 11.

Распыливающее устройство состоит из вентилятора и поворотного механизма. Выходное окно кожуха вентилятора выполнено в виде фланца, к нему присоединен щелевидный распылитель 8. Кожух вентилятора и, следовательно, садово-полевой распылитель можно устанавливать с помощью гидроцилиндра 10 под углом  $50\dots100^{\circ}$  к вертикальной оси.

Рабочие органы опыливателя приводятся в действие от ВОМ 15 трактора.

Растения опыливают боковым дутьем, пылевой поток направляют по ветру.

Для опыливания виноградников вместо щелевидного распылителя закрепляют трубу 18 (см. 3, б), а вместо крышек боковых люков кожуха вентилятора — щелевидные наконечники 17. Ближние ряды опыливаются пестицидом, выходящим из наконечников 17, а дальние — из отверстий 19 пылевой трубы. Направление пылевого потока регулируют, поворачивая лопатки 20.

Чтобы отрегулировать расход пестицида, тракторист изменяет размер выходного отверстия 12 (см. рис. 3, а), перемещая заслонку 13. Величину открытия отверстия 12 тракторист контролирует по шкале 1.

Ширина захвата ОШУ-50А при опыливании сада один-два ряда, виноградника три-четыре ряда, объем бункера 0,16 м<sup>3</sup>, производительность в поле 25 га/ч, в саду и на винограднике 5 га/ч. Опыливатель агрегатируют с тракторами тягового класса 0,9 и 1,4. Обслуживает его тракторист.

Вредных насекомых в садах, полезащитных лесополосах, животноводческих помещениях уничтожают ядовитыми туманами -аэрозолями. Для этого в горячий газ подают распыленный жидкий пестицид. В диффузоре сопла он испаряется, а при выходе из него конденсируется, образуя облако ядовитого тумана.

Для получения аэрозолей термомеханическим способом используют аэрозольный генератор АГ-УД-2. Его основные рабочие органы: двигатель УД-2, нагнетатель воздуха 18 (рис. 4), камера сгорания 8 с бензиновой горелкой, жаровая труба 10, распылитель пестицида 13. Двигатель УД-2 бензиновый, двухцилиндровый, карбюраторный.

Нагнетатель воздуха 18 засасывает атмосферный воздух и подает его в камеру сгорания 8 через кольцевую щель между диффузором горелки и горловиной камеры сгорания. Бензин из бака 9 через фильтр, тройник 27, кран 2 и бензопровод 3 поступает в распылитель 5 бензиновой горелки.

Из нагнетательного патрубка через два отверстия, перекрываемые винтами 20 корректора и 4 регулятора, в диффузор 6 бензиновой горелки подается воздух. Образуется горючая смесь, которая воспламеняется от искры свечи 16 и сгорает в камере 8 и частично в жаровой трубе 10. Продукты сгорания смешиваются с воздухом, поступающим из воздухонагнетателя.

В зависимости от режима работы генератора температуру смеси можно регулировать в пределе 380...530°C. Для этого изменяют подачу воздуха в диффузор горелки. С увеличением поступления бензина возрастает температура рабочего газа. Ее регулируют при входе в сопло подачей воздуха, чем изменяют дисперсность тумана. Поступление воздуха регулируют в зависимости от расхода пестицида.

Горячие газы проходят с большой скоростью сквозь горловину сопла 12 и увлекают с собой рабочую жидкость из распылителя 13. В шланге 14 создается разрежение. Пестицид из бачка по заборной трубе 15, пройдя фильтр, поступает в шланг 14 и распылитель 13. В сопле частицы пестицида под действием высокой температуры испаряются. Вышедшая из сопла 12 парогазовая смесь смешиивается с воздухом, быстро охлаждается и превращается в туман-аэрозоль. Подачу рабочей жидкости регулируют и перекрывают краном 11.

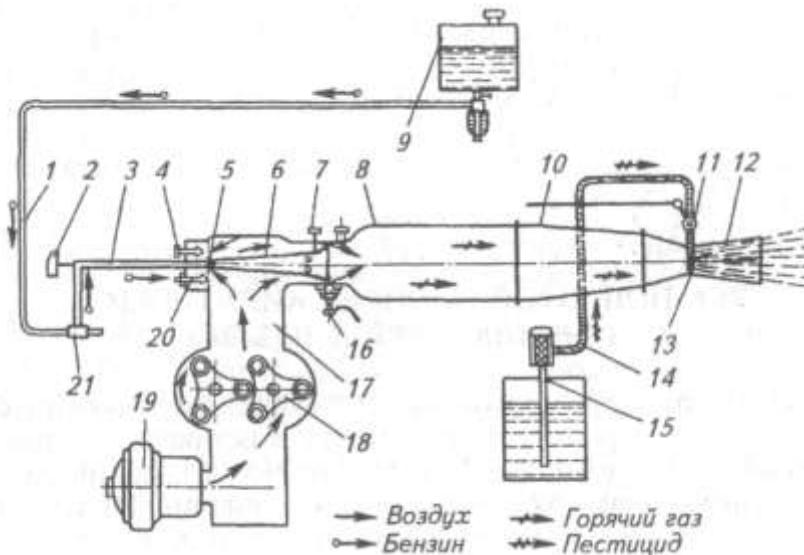


Рис. 4 – Схема рабочего процесса аэрозольного генератора АГ-УД-2:  
1, 3 - топливопроводы; 2, 11 - краны; 4 - регулятор температуры; 5, 13 - распылители; 6 - диффузор горелки; 7 - винт регулирования открытия диффузора; 8 - камера сгорания; 9 - бак; 10 - жаровая труба; 12 - сопло; 14 - заборный шланг; 15 - заборная труба; 16 - искровая свеча зажигания; 17 - напорный воздухопровод; 18 - нагнетатель воздуха; 19 - фильтр; 20 - винт корректора; 21 - тройник

Для получения аэрозолей термомеханическим способом пестициды растворяют в солярном масле, дизельном топливе, нефтяном экстракте.

Надежность работы аэрозольного генератора обеспечивается применением высококачественной рабочей жидкости. Для этого резервуар пестицида необходимо заполнять через сетчатый фильтр, имеющий на 1 см<sup>2</sup> менее 64 отверстий.

Бочку с пестицидом и АГ-УД-2 размещают в кузове автомобиля. Ширина полосы аэрозольного тумана 50...100 м. Установку обслуживают шофер и механик.

Опрыскиватели предназначены для дробления (диспергирования) жидких химикатов и равномерного нанесения их в мелко распыленном виде на растения или почву с целью борьбы с вредителями и возбудителями болезней растений, уничтожения сорняков, дефолиации листьев и десикации растений. Эффективность действия химикатов

зависит от размера, количества и равномерности распределения капель на поверхности растений.

Крупные капли меньше сносятся ветром, хорошо осаждаются на листовой поверхности, но распределяются неравномерно, концентрируясь в основном по краям листьев и в нижней части растений, вызывая их ожоги. Часть капель стекает с поверхности листьев и выпадает на почву, что снижает эффективность использования пестицидов и загрязняет почву. Мелкие капли при одинаковом расходе пестицида на единицу площади более полно и равномерно покрывают поверхность листьев. Они лучше удерживаются на поверхности листьев и меньше смываются дождем. Мелкие капли лучше проникают в гущу кроны и осаждаются на обратной ее стороне, но могут сноситься ветром за пределы обрабатываемой поверхности.

По степени дисперсности распыла и нормам внесения жидких пестицидов на единицу обрабатываемой площади различают *полнообъемные*, *малообъемные* и *ультрамалообъемные* опрыскиватели.

Полнообъемные опрыскиватели распыливают рабочую жидкость слабой концентрации на крупные капли размером более 250 мкм и вносят ее на полевые культуры дозами 300...600 л/га, на многолетние насаждения — дозами 800...2000 л/га.

Малообъемные опрыскиватели распыливают рабочую жидкость высокой концентрации на капли размером 50...250 мкм и вносят ее при обработке полевых культур дозами 10...200 л/га, а многолетних насаждений — дозами 100...500 л/га.

Ультрамалообъемные опрыскиватели распыливают высококонцентрированный жидкий препарат на капли размером 25...125 мкм и вносят дозами 1...5 л/га на полевых культурах и 5...25 л/га на многолетних насаждениях. Как правило, препараты для таких опрыскивателей поступают с заводов в готовом виде и не требуют дополнительных затрат на приготовление и транспортировку рабочих жидкостей.

По назначению опрыскиватели делят на *специализированные* и *универсальные*. Первыми обрабатывают одну культуру (например, хлопчатник, виноградники, хмельники и т. п.), вторыми — несколько видов сельскохозяйственных культур, отличающихся высотой, облистенностью, схемой посева или посадки.

По способу агрегатирования различают *прицепные*, *полунавесные*, *навесные* и *монтируемые* опрыскиватели, а по типу распыливающе-распределительного устройства — *штанговые*, *вентиляторные* и *комбинированные*. Последние снабжены штангово-вентиляторным распределительным устройством.

#### 4. Основные тенденции и перспективы развития технологий и машин для защиты растений.

Основной производственной задачей защиты растений является ликвидация или уменьшение потерь урожая, вызываемых вредителями, болезнями растений и сорняками. Между тем эти потери еще довольно велики. Во всем мире ежегодно от вредителей, болезней и сорняков теряется около 35% урожая.

Борьба с вредными организмами осуществляется в соответствии с разработанными системами мероприятий, то есть комплексом мероприятий, относящихся к различным методам борьбы, применяемым последовательно и планомерно от предпосевного до послеуборочного периода. Сочетание специальных мероприятий по защите растений с использованием природных сил и факторов, регулирующих и ограничивающих численность вредных организмов, называется интегрированной защитой растений.

Защитные мероприятия должны основываться на глубоком изучении жизни вредных организмов и проводиться с учетом установленных экономических порогов вредоносности, то есть плотности популяции вредителя, возбудителя болезни, вызывающих такие повреждения растений, при которых целесообразно применять защитные мероприятия. Повышению экономической эффективности защиты растений будет способствовать максимальное использование передовых приемов и методов защиты растений.

Стратегия интегрированной защиты растений основывается на системном анализе, производственной необходимостью, окупаемостью затрат учетом эффективности природных регуляторов в пределах каждой агро-экосистемы, планирование урожая и прогнозирования вредных организмов.

Все элементы интегрированной системы во взаимосвязи влияют на регулирование численности вредных организмов и при рациональном использовании обеспечивают благополучное фитосанитарное состояние сельскохозяйственных угодий. Одним из условий охраны окружающей среды является соблюдение, учитывая экономический порог вредоносности, вредных организмов и численность полезных организмов. Чтобы успешно проводить защиту растений должны знать знания биологии вредных организмов и распространение.

Различают два этапа системы интегрированной защиты растений:

- Тактика меры борьбы, которые сводятся к максимальному подавлению численности вредных организмов, возбудителей болезней, сорняков, в основу которого лежит поведение экономического порога вредоносности, возбудителей болезни, нормы расхода препарата и получение предельно допустимого технического эффекта.

➤ Проведение химических мер борьбы, особенность которого вытекает из постоянных задач и целей меры борьбы, главными задачами которого сводится к минимальному подавлению вредителей сельскохозяйственных культур и в тоже время снижения их численности до хозяйствственно не ощутимого уровня.

Такие постановки задач требуют перехода от тактики подавления к научно-обоснованным задачам защиты посевов от вредных организмов, возбудителей болезней, сорняков в связи с этим меняют подходы к обоснованию норм расхода-кратности обработки сроков проведения и характер применения пестицидов, что в итоге создает новую стратегию борьбы, которая позволяет наиболее использовать химические средства в охране окружающей среды.

Основными звеньями системы защиты посевов сельскохозяйственных культур является агротехнические, биологические, химические, физические, механические мероприятия. Учитывая, что химический метод имеет серьезную отрицательную сторону, одной из главных задач, которой является разработка систем для лучшего изыскания путей рационального его применения.

Основной задачей сельского хозяйства состоит в том, чтобы обеспечить дальнейший рост и устойчивого сельскохозяйственного производства к всемирному повышению эффективности растениеводства для использования потребления продукции питания и промышленности в сырье.

Основными задачами растениеводства являются освоение и внедрение увеличение производства сельскохозяйственной продукции. При этом нужно действовать так, чтобы подход был комплексным, только интегрированный комплекс защиты позволяет наилучшим образом защитить сельскохозяйственные растения от вредных организмов, возбудителей болезней, сорняков и одновременно довести до минимального отрицательного воздействия на окружающую среду.

Многочисленные исследования и практические опыты показали, что использование отдельных даже исключительно эффективных приемов защиты растений не может обеспечить долговременное подавление вредных организмов, возбудителей болезней растений и сорных растений. Основная цель интеграций - достижение систематического комплексного применения всех доступных профилактических и истребительных мероприятий. Проблема борьба с отдельными видами вредных организмов нельзя решить не учитывая их связи внутри агробиоценозов с комплексом полезных организмов. Любое воздействие на агробиоценоз, ведут к изменению численности всех его компонентов и в связи с этим интегрированная защита, предусматривает выбор предпочтаемых таких

средств и методов подавления вредных видов, которые бы не только сохранили, но и активизировали деятельность полезных организмов.

##### 5. Меры безопасности.

При техническом обслуживании машин необходимо соблюдать следующие правила.

1. Систематически следить за герметичностью всех коммуникаций машин и не допускать утечки пестицидов; ежедневно проверять и подтягивать болтовые крепления и смазывать машину.

2. После работы раствор сливать; резервуар и нагнетательную систему тщательно промывать водой.

3. Ежедневно промывать водой фильтры машины.

4. После окончания сезона тщательно очистить машину, промыть, смазать и хранить в закрытом помещении.

При работе с опрыскивателями, опылителями и аэрозольными генераторами необходимо строго соблюдать следующие правила.

1. При работе пользоваться защитными очками и не прикасаться к пестицидам голыми руками (надевать резиновые перчатки). В обеденный перерыв после окончания работы тщательно мыть лицо и руки. Во время работы не стоять с подветренной стороны.

2. Аэрозольную обработку складов можно проводить только в тех случаях, когда они расположены не ближе 60 м от жилых помещений и животноводческих ферм.

3. Перед началом обработки помещения генератор должен быть установлен не ближе 5 м от открытой двери, и перемещать его к двери можно только после пуска тумана; прекращать работу генератора можно после его отвода от двери на 5 м.

## **1. 7 Лекция № 9 (2 часа).**

**Тема:** «Машины для заготовки кормов. Мелиоративные машины»

### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. Режущие аппараты подпорного и бесподпорного резания. Типы аппаратов подпорного резания.
2. Кинематические, силовые и энергетические параметры режущих аппаратов.
3. Машины для орошения сельскохозяйственных угодий.

### **1.7.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Режущие аппараты подпорного и бесподпорного резания. Типы аппаратов подпорного резания.

Важнейшим рабочим органом кормоуборочных машин является режущий аппарат, предназначенный для скашивания растений.

Различают сегментно-пальцевые, беспальцевые и ротационные режущие аппараты. Первые два осуществляют подпорный срез по принципу ножниц, когда стебли опираются на противорежущие элементы аппарата и срезаются закрепленными на ноже сегментами. У ротационных аппаратов ножи, закрепленные на диске (ротационно-дисковые) или барабане (ротационно-барабанные), ударом разрезают стебли растений, осуществляя бесподпорный срез. Отгиб стеблей ограничивается их жесткостью, инерцией и частично подпором соседних стеблей.

**Сегментно-пальцевый режущий аппарат** (рис. 1, а, в, е) состоит из пальцевого бруса 1 и ножа 10, совершающего возвратно-поступательное движение со средней скоростью 1,8...3 м/с. Пальцевый брус 1 представляет собой стальную полосу, к которой прикреплены стальные пальцы 7. Вверху палец снабжен отростком, по бокам — усиками. К пальцу прикреплена стальная противорежущая пластина 9 с острыми боковыми гранями.

Палец прикреплен к пальцевому брусу болтом. Буртик пальца упирается в брус, удерживая палец от бокового отклонения. Палец имеет желобок, в котором перемещается спинка 2 ножа. К спинке ножа прикреплены стальные пластины 3 трапециoidalной формы с острыми боковыми гранями (сегменты) и головка, шарнирно соединенная с шатуном механизма привода ножа.

Во время среза стеблей возникают силы, прижимающие спинку 2 ножа к пальцевому брусу 7. Для предотвращения износа пальцевого бруса к нему прикреплены пластины трения 12, в которые упираются спинка и сегменты ножа. Диаметр отверстия в пластинах больше диаметра болта, что позволяет передвигать пластину по мере износа. Прижимные лапки 11 прижимают сегменты к противорежущим пластинам 9, обеспечивая

тем самым необходимый зазор в режущей паре сегмент — пластина. Носок сегмента 3 соприкасается с противорежущей пластиной, а основание — опирается на пластину трения 12. Поэтому между сегментом и задним краем противорежущей пластины должен быть зазор 0,3...0,5 мм. Если он больше, подгибают прижимы.

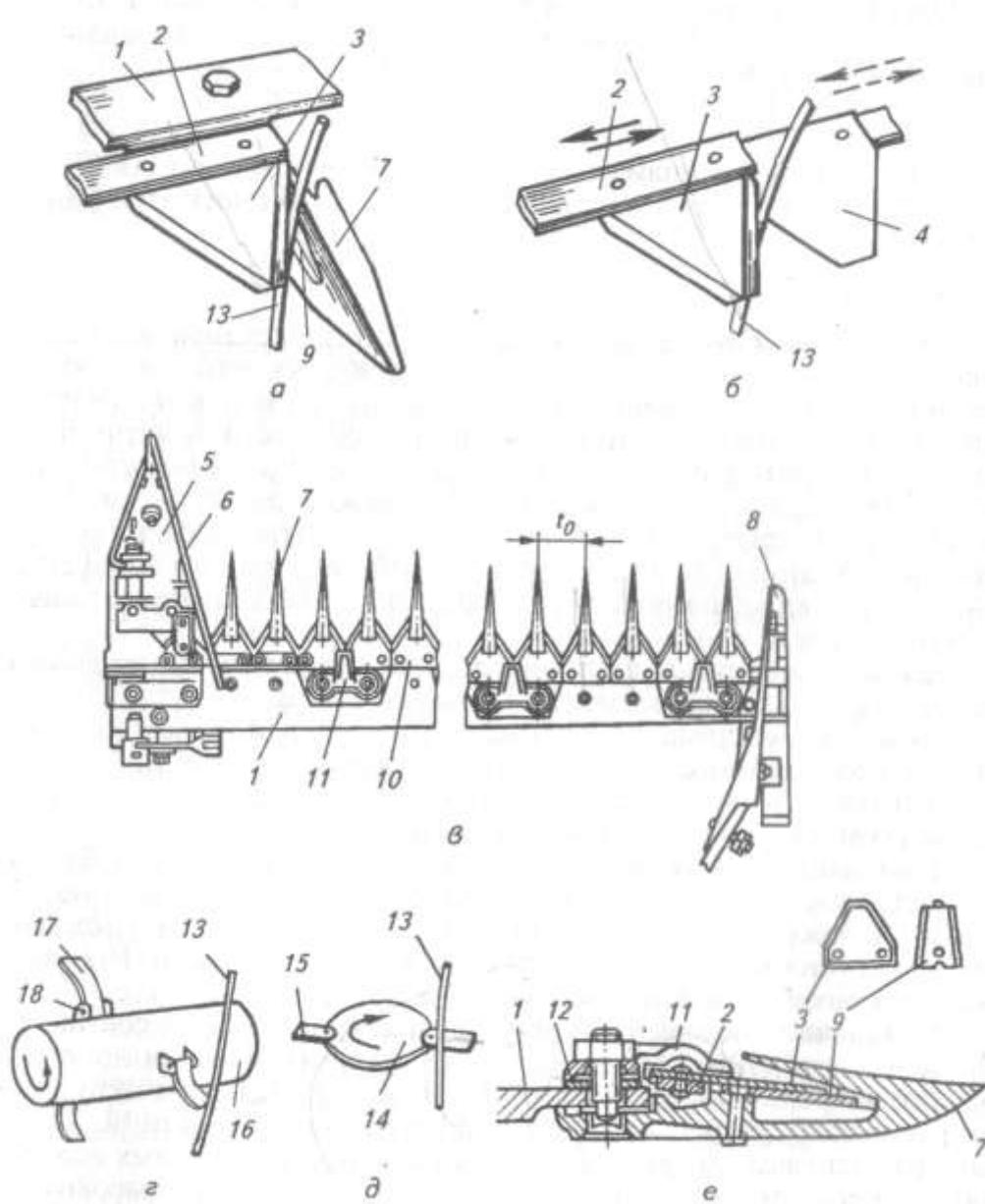


Рис.1 – Типы режущих аппаратов:

а, в, е — сегментно-пальцевые (е — сечение режущего аппарата); б — беспальцевый; г — ротационно-баррабанный; д — ротационно-дисковый; 7 — пальцевый брус; 2 — спинка ножа; 3, 4 — сегменты; 5 — внутренний башмак; 6 — стеблеотвод; 7 — палец; 8 — наружный башмак; 9 — противорежущая пластина; 10 — нож; 11 — прижимная лапка; 12 — пластина трения; 13 — срезаемое растение; 14 — диск; 15 — пластинчатый нож; 16 — барабан; 17 — молотковый нож; 18 — ось.

На концах пальцевого бруса закреплены внутренний 5 и наружный 8 башмаки. Под каждым башмаком находится полозок, задний конец которого можно поднимать и опускать, регулируя высоту среза растений.

Существуют режущие аппараты нормального и низкого резания. Наиболее распространены режущие аппараты нормального резания, характеризующиеся соотношением

$$S = t = t_o = 76,2 \text{ мм},$$

где  $S$  — ход ножа из одного крайнего положения в другое, мм;  $t$  — шаг режущей части, расстояние между серединами соседних сегментов, мм;  $t_o$  — шаг противорежущей части, расстояние между серединами соседних пальцев, мм.

Машины, предназначенные для работы на повышенных скоростях (до 12 км/ч), оборудуют нормальным режущим аппаратом с двойным пробегом сегментов:

$$S = 2t = 2t_o = 101,6 \text{ мм}.$$

Ход ножа увеличивают вдвое и по конструктивным соображениям. Режущий аппарат низкого резания характеризуется равенством

$$S = t = 2t_o = 76,2 \text{ мм}.$$

**Беспальцевый режущий аппарат** (рис. 1, б) отличается от сегментно-пальцевого конструкцией противорежущего элемента, в качестве которого применяют неподвижные сегменты 4 или узкие пальцы без отростка с открытой противорежущей пластиной. К этому типу относятся также аппараты с двумя подвижными ножами, у которых стебель защемляется между движущимися навстречу друг другу сегментами. Такие аппараты применяют при уборке спутанных и полеглых растений, так как беспальцевый аппарат в этих условиях меньше забивается и обеспечивает качественный срез.

Режущие аппараты подпорного среза (сегментно-пальцевые и беспальцевые) имеют сегменты с гладкой кромкой, с углом заточки около  $19^\circ$ . Боковые и передняя грани сегментов закалены. Сегменты необходимо своевременно затачивать, так как при работе тупых сегментов усилие среза растений резко возрастает, качество среза ухудшается, высота среза увеличивается.

Для скашивания сеянных трав и растений с жесткими трубчатыми стеблями применяют нож, составленный из сегментов с насечками на режущих кромках. Они срезают стебли со значительно большим усилием по сравнению с гладкими сегментами. Насеченные сегменты не нужно точить.

**Ротационно-дисковый режущий аппарат** (рис. 1, д) состоит из бруса, на котором установлены роторы (диски 14) с шарнирно или жестко закрепленными ножами 15. Ножи врачаются с окружной скоростью 40...60 м/с и ударом разрезают стебли растений. Такие

аппараты позволяют работать на больших поступательных скоростях и обеспечивают качественный срез растений на высокоурожайных участках.

Роторы могут быть выполнены с верхним, нижним или комбинированным приводом. В первом случае их вращение осуществляется посредством клиноременной передачи, расположенной сверху режущего аппарата. При нижнем приводе диски получают вращение от шестеренной передачи, помещенной в корпусе, на котором установлены подшипники дисков. Комбинированный привод состоит в том, что часть роторов приводится в действие клиноременной передачей, а часть — шестеренной.

**Ротационно-барабанный режущий аппарат** состоит из вращающегося вокруг горизонтальной оси барабана 16 и ножей 17 (рис. 1, г), закрепленных на барабане шарнирно или жестко. Вращаясь с большой скоростью, ножи ударом разрезают стебли и отбрасывают их на транспортирующее устройство. В таких устройствах обычно срез растений совмещен с их измельчением. Аппараты с шарнирно закрепленными ножами применяют на универсальных косилках-измельчителях, а с жестко закрепленными ножами — на машинах для уборки грубостебельных силосных культур.

## 2. Кинематические, силовые и энергетические параметры режущих аппаратов.

Сегментно-пальцевые аппараты применяются в косилках и жатках. Возвратно-поступательное движение ножа вызывает знакопеременные инерционные нагрузки на его привод, что ограничивает рабочие скорости перемещения машин. Для качественного среза растений необходима скорость резания для зерновых культур не менее 1,6 м/с, а для трав - 2,15 м/с.

Для привода ножа используют плоские и пространственные механизмы. Уборочные машины имеют дезаксиальный привод, в котором ход ножа больше величины двух радиусов кривошипа. Поскольку размеры кривошипов в сравнении с длиной шатуна небольшие и составляют 0,1...0,4 длины шатуна, то при таких отношениях можно допустить, что в относительном перемещении нож совершает колебательное движение, описываемое уравнением:

$$x = r \cdot (1 - \cos \omega t)$$

где  $r$  - радиус кривошипа, м;  $\omega$  - угловая скорость кривошипа, рад/с.

Переносное движение ножа выражается уравнением:

$$y = V \cdot t$$

Где  $V$  - скорость движения машины, м/с.

Траектория абсолютного движения точек сегмента может быть получена графическим сложением относительного и переносного движения.

Скорость ножа в зависимости от угла поворота кривошипа  $\theta t$  определяется из выражения:

$$V_H = \omega \cdot r \cdot \cos \omega t$$

Зависимость между скоростью сегмента и функции от перемещения можно представить уравнением:

$$V_X = \omega \cdot \sqrt{r^2 - x^2}$$

Если выбрать масштаб диаграммы скорости  $\lambda = \omega$  (м/с)/мм, то изменение скорости резания выражается окружностью радиуса  $r$ :

$$y = \sqrt{r^2 - x^2} = V_X / \omega$$

Точки лезвия сегмента в абсолютном движении описывают синусоиду, так как абсолютная скорость слагается из переменной скорости машины  $V$  и относительной скорости ножа  $VH$ .

Если спроектировать переносную и относительную скорости на лезвие сегмента, то можно определить слагающую скорость вдоль лезвия. Она характеризует направление возможного перемещения стеблей по лезвию.

Слагающая скорости ножа вдоль лезвия определяется выражением:

$$V_L = V_X \cdot \sin \alpha - V \cdot \cos \alpha$$

где  $\alpha$  - угол наклона режущей кромки сегмента, град.

Если принять масштаб графика  $\lambda = \omega * \sin \alpha$ , то ордината слагающей скорости будет:

$$y = \frac{V_1}{\omega \cdot \sin \alpha} = \sqrt{r^2 - x^2} - \frac{V}{\omega} \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

В координатах  $X$  и  $Y$  первый член уравнения представляет собой окружность радиуса  $r$ , а второй - прямую, параллельную оси абсцисс.

### 3. Машины для орошения сельскохозяйственных угодий.

Для орошения сельскохозяйственных культур используют реки, озера, каналы и технические средства - насосные станции, закрытые или открытые водопроводные сети. В закрытой сети вода через трубы и гидросеть под напором подается в дождевальные

установки. Открытую сеть прокладывают в виде каналов или лотков. При низком уровне воды в источнике используют стационарные или передвижные насосные станции, которые по напорным трубопроводам подают воду в канал или бассейн, откуда она самотеком поступает в оросительную сеть.

Насосные станции. Насосные станции делятся на стационарные и передвижные (сухопутные и плавучие). Стационарные станции приводятся электродвигателями или двигателями внутреннего сгорания.

Насосы сухопутных передвижных станций приводятся двигателями внутреннего сгорания, электродвигателями, от вала отбора мощности трактора. Их производительность от 25 до 700 л/с при напорах от 0,05 до 1,1 МПа. Сухопутные передвижные станции могут быть прицепными или навесными.

Плавучие передвижные станции применяют там, где трудно использовать стационарные или сухопутные. Плавучие станции монтируют на платформах, поддерживаемых на воде металлическими подпорами.. Передвижные станции для подъема воды на высоту до 10 м называются низконапорными, от 10 до 25 м - средненапорными и от 25 До 100 м - высоконапорными.

Передвижную насосную станцию СНП-50/80 используют для подачи воды из водохранилища, прудов, рек в закрытую или открытую оросительную сеть. Она обеспечивает водой один дальноструйный дождеватель ДДН-70, одну дождевальную установку КИ-50А или «Волжанка».

На раме прицепа смонтированы дизельный двигатель 9 АМ41 мощностью 66,3 кВт и центробежный насос с двумя рабочими колесами. Двигатель и насос соединены упругой муфтой. Рабочие колеса насоса можно переводить золотниковым переключателем на параллельную или последовательную работу. Это позволяет получать от насосной станции от 30 до 140 л/с воды при напоре от 0,25 До 0,80 МПа.

Всасывающий трубопровод опускают и поднимают лебедкой. Напорный трубопровод соединяют с насосом через переходник. Расход воды регулируют задвижкой. Разрежение во всасывающей линии контролируют вакуумметром, давление в напорном патрубке - манометром. Всасывающий трубопровод и насос перед запуском заполняют водой при помощи газоструйного эжектора установленного на выпускной трубе двигателя.

Станция оборудована средствами автоматической защиты. При увеличении температуры воды на выходе из двигателя и температура масла в системе смазки двигателя выше 95° С, при падении давление масла в системе смазки двигателя ниже 0,2 МПа и напора воды в напорном патрубке насоса ниже 0,03 МПа всасывающая трубка

коллектора двигателя перекрывается заслонкой стоп-устройства и двигатель останавливается.

Раму СНП-50/80 располагают перпендикулярно берегу и устанавливают горизонтально при помощи трех регулируемых опор. На другую позицию станцию перевозят трактором.

Насосную станцию СНП-25/60 навешивают на трактор «Беларусь». Она подает воду из водоема в открытую или закрытую распределительную сеть.

На раме смонтированы повышающий двухступенчатый редуктор, центробежный насос, напорный патрубок с задвижкой и обратным клапаном. Обратный клапан предотвращает удары воды на рабочее колесо насоса при внезапной остановке станции. Задвижкой регулируют расход и напор воды. Перед запуском насос заполняют водой при помощи газоструйного эжектора.

Всасывающая линия состоит из двух 4-метровых резинотканевых армированных рукавов с водоприемной коробкой. Рама в работе опирается на телескопические опоры. Насос работает от вала отбора мощности трактора.

Расход воды 13 - 38 л/с, напор 0,50 - 0,75 МПа, частота вращения вала насоса 2580 об/мин, высота всасывания 6,8 м. Агрегат обслуживает тракторист.

Дождевание обладает рядом преимуществ перед поверхностным способом подачи воды в почву: для дождевания на землях со сложным рельефом нужна незначительная планировка поверхности нарушения пахотного слоя; можно поливать поле со значительным уклоном; уменьшать поливные нормы и проводить специальные поливы (с внесением удобрений, по борьбе с заморозками); резко сокращаются площади под оросительную сеть; в водопроводящей закрытой сети нет потерь воды; вода используется наиболее эффективно.

В зависимости от дальности разбрызгивания воды дождевальные Установки делятся на короткоструйные, среднеструйные и дальноструйные. Дальность полета струи воды у короткоструйных установок по радиусу 8-10 м, у среднеструйных 20 - 25, у дальноструйных 60 - 90 м.

Лучшие условия для увлажнения почвы, сохранения ее структуры и развития растений создаются, когда размер капель не превышает 1-2 мм, а интенсивность дождя для тяжелых почв 0,1-0,2, для средних суглинков 0,2 - 0,3 и для легких почв 0,5 - 0,8 мм/мин. При этом вода впитывается в почву без луж на ее поверхности.

По характеру работы дождевальные установки бывают движущиеся и позиционные.

В первых дождевальном агрегате, смонтированный на тракторе, движется вдоль оросителя и распыливает забранную воду над поле виде дождя.

Дождеватель дальноструйный навесной ДДН-70 служит для орошения овощных и технических культур, садов, лесных и садовых питомников. Он работает позиционно с забором воды из оросительных каналов и водоемов. Центробежный насос всасывает воду по трубопроводу и подает ее во вращающийся ствол с основным и малым струйными соплами. По выходе из сопл вода распадается на капли и осаждается в виде дождя. Струя, выходящая из основного сопла, орошают внешнюю часть круга, из малого - внутреннюю. Для более интенсивного распада струи и равномерности полива вблизи дождевателя малое сопло снабжено разбрызгивающей лопatkой. Дождеватель комплектуется основными соплами с диаметром выходах отверстий 55, 45 и 35 мм. Диаметр малого сопла 16 мм.

Основное и малое сопла имеют откидные хлопушки, перекрывающие доступ воздуха в дождеватель при заполнении насоса водой.

Колесо насоса вращается от вала отбора мощности трактора через шестеренчатый редуктор.

Ствол поворачивается червячным редуктором и шарнирным валиком с эксцентриком, соединенным с рычагом. На плече рычага закреплена ось с собачкой и переключателем. Собачка взаимодействует с храповым колесом, напрессованным на стакан, к которому прикреплен ствол. При вращении валика рычаг совершает колебательное движение. Собачка периодически упирается в зуб храпового колеса и поворачивает ствол.

Ствол оборачивается за 4,5 мин; положение его во время обратного хода собачки фиксируется тормозом. Фрикционная накладка тормоза прижимается к стволу при помощи регулировочного винта и пружины. Для полива по сектору в отверстия фланца ствола вставляют два упора. Упор нажимает на переключатель, который поворачивает собачку, и ствол вращается в обратную сторону. Площадь полива изменяют перестановкой упоров в отверстиях фланца.

Количество израсходованной воды измеряется водомерным устройством. Цена одного деления счетчика при диаметре основного сопла 55 мм - 0,25 м<sup>3</sup>; при диаметре сопла 45 мм - 0,19 м<sup>3</sup> и при диаметре 35 мм-0,14 м<sup>3</sup>.

Всасывающий трубопровод переводят в рабочее или транспортное положение лебедкой. В транспортном положении трубопровод закрепляют хомутом.

Для заполнения водой перед запуском из насоса отсасывают воздух эжектором, соединенным трубопроводом с насосом.

При пуске дождевателя опускают в канал всасывающий трубопровод, открывают вентиль трубопровода эжектора, закрывают хлопушки сопл и включают эжектор. Дождеватель приводят в движение плавным включением муфты сцепления на малых оборотах двигателя.

В рабочем положении дождеватель фиксируют цепями.

Бак с минеральными удобрениями сообщается с напорным и всасывающим каналами насоса трубопроводами с вентилями, которыми регулируют количество поступающей и отсасываемой воды. Удобрения перемешивают с водой вручную шнеком, расположенным в баке. Раствор удобрений подсасывается из бака во всасывающую линию, смешивается насосом с поливной водой и выбрасывается через сопла аппарата.

Перед поливом на расстоянии 100 м нарезают временные оросительные каналы. Полив проводится позиционно. Если скорость ветра превышает 1,5 м/с и нарушает равномерность дождевания, то полив проводят по сектору с расстоянием между стоянками 55 м. Полив начинают с головы канала по течению воды. Для создания необходимой глубины воды в канале и устранения ее сброса устанавливают переносные перемычки, одну вблизи водозаборника, другую у места ела дующей стоянки дождевателя. Время стоянки на одной позиции в работе с основным соплом диаметром 55 мм при поливной норме 300 м га: ц кругу (110X100) - 75 мин, по сектору (55X100) - 51 мин. Дождеватель навешивают на тракторы класса 30 кН. Расход воды 70 л/с; напор 0,50 МПа; радиус действия струи 59 мм площадь полива с одной позиции 0,94 га; средняя интенсивность дождя 0,41 мм/мин; производительность при норме полива 300 л/га 0,78 га. Обслуживающий персонал - два человека.

Дождеватель дальноструйный ДДН-100, навешиваемый на тракторы Т-150К, Т-150, Т4А, служит для орошения полевых культур, садов, плодолесопитомников, лугов и пастбищ. Он может быть использован как насосная станция для подачи воды в распределительную сеть.

ДДН-100 унифицирован с дождевателем ДДН-70 и работает по такой же технологической схеме. Центробежный насос приводится от вала отбора мощности трактора через повышающий редуктор. Большой сопло комплектуется сменными насадками диаметром 65, 60, 58, 56 ж 54 мм, позволяющими изменять интенсивность дождя и расход воды. Диаметр малого сопла 20 мм. Сопла снабжены хлопушками. Механизм поворота ствола ДДН-100 такой же, как у ДДН-70, частота вращения ствола 0,2 об/мин.

## **1. 8 Лекция № 10,11 (4 часа).**

**Тема:** «Проектирование сельскохозяйственных машин»

### **1.8.1 Вопросы лекции:**

1. Общие сведения о проектировании сельскохозяйственных машин. Особенности выбора и расчета параметров СХМ.

2. Понятие об автоматизированном проектировании.

3. Техническое задание и технические требования проектируемой машине.

Классификация параметров СХМ.

4. Задачи, методы проектирования принципы построения и составные части САПР.

Классификация конструктивных схем широкозахватных СХМ.

5. Классификация СХМ. Обоснование и выбор обобщенных координат.

### **1.8.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Общие сведения о проектировании сельскохозяйственных машин. Особенности выбора и расчета параметров СХМ.

Инженерная деятельность человека связана, прежде всего, с разработкой технических объектов — с их проектированием. Проектирование — это комплекс работ по изысканиям, исследованиям, расчетам и конструированию, имеющих целью получение всей необходимой документации для создания новых изделий или реализации новых процессов, удовлетворяющих заданным требованиям. Введение ЭВМ в любую область человеческой деятельности требует пересмотра многих сложившихся представлений в сторону большей формализации, большей строгости определения понятий, однозначности толкования терминов, четкости классификаций. В этом отношении не может быть исключением и область проектирования технических объектов. В данной главе рассматриваются объекты, этапы и задачи проектирования с введением той степени упорядоченности понятий, которая необходима при автоматизации проектирования.

2. Понятие об автоматизированном проектировании.

Особенности немашинных и машинных методов проектирования. При проектировании должны выбираться методы и средства решения проектных задач, которые обеспечивают наилучшее достижение цели. Последнее может пониматься в смысле минимальности сроков проектирования, минимальности материальных затрат, оптимальности получаемых проектных решений.

В своей проектной деятельности инженеры используют в разумном сочетании экспериментальные, расчетные и интуитивно-эвристические методы проектирования. Интуиция и опыт инженера необходимы прежде всего при решении задач синтеза структуры

большинства технических объектов. Для решения задачи определения значений внутренних параметров используют расчетные и экспериментальные методы.

Расчетные ручные методы проектирования могут дать только сугубо ориентировочные значения параметров, которые следует рассматривать как исходные, требующие корректировки с помощью других методов. Ориентировочный характер результатов ручных расчетов связан с малой точностью ручных расчетных методик. Действительно, процессы в достаточно сложных технических объектах описываются системами уравнений высокого порядка; эти уравнения в общем случае нелинейны. Так, переходные процессы в электронных схемах описываются системами, обыкновенных дифференциальных уравнений, порядок которых равен приблизительно количеству реактивных элементов. Для схем средней степени интеграции типичные порядки систем уравнений оказываются равными 50 — 500. Аналитическое решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений удается получить практически только в случае, если порядок системы не превышает двух и уравнения линейны. Этот пример показывает, что ручные расчетные методы применимы только при принятии существенных упрощений, что и обуславливает ориентировочный характер получаемых результатов. Следовательно, анализ работоспособности выбранного варианта уже не может быть выполнен ручными расчетными методами. Поэтому в рамках традиционного подхода (без использования ЭВМ) неизбежным было применение экспериментальных методов, т. е. методов макетирования. Именно на макете — физической модели — определялось выполнение условий работоспособности, производилось изменение внутренних параметров, частичное изменение структуры с целью улучшения свойств объекта. Конечно, на макете, как правило, допустимы не любые изменения, так как цена ряда изменений слишком велика. Во многих случаях экспериментирование невозможно на достаточно высоких иерархических уровнях — здесь стоимость изготовления макета есть стоимость изготовления опытного образца и согласиться на многократное изготовление образцов в итерационном процессе проектирования сложных систем нельзя. Поэтому при традиционном подходе задачи оптимизации практически не решались — разработчик удовлетворялся получением первого работоспособного варианта.

Машинные методы появились прежде всего как результат стремления заменить дорогостоящее и длительное физическое моделирование математическим моделированием. В этих методах вместо макета используют математическую модель проектируемого технического объекта.

Математическая модель — это совокупность математических объектов (чисел, переменных, векторов, множеств и т. п.) и отношений между ними, которая адекватно

отображает некоторые свойства проектируемого технического объекта. Например, большой и важный класс математических моделей составляют системы уравнений. В процессе проектирования применяют те математические модели, которые отображают существенные с позиций инженера-проектировщика свойства объекта.

Отсутствие требования существенных упрощений может привести к точности математической модели, вполне достаточной для решения задач проектирования. Во многих случаях точность математической модели оказывается не ниже точности, обеспечиваемой при физическом моделировании. Наличие быстродействующей ЭВМ с достаточной емкостью оперативной памяти обуславливает возможность исследования математической модели в приемлемое время. В то же время для математической модели характерна легкость изменения любых параметров, что позволяет выполнять анализ более всесторонний и исчерпывающий.

Таким образом, в схеме процесса проектирования с появлением машинных методов изменилось содержание большинства процедур. Прежде всего, в процедуре «составление модели» физическое моделирование сменилось математическим и процедура «анализ» превратилась в исследование математической модели — решение системы уравнений. Дальнейший шаг был сделан в направлении алгоритмизации процедуры «изменение управляемых параметров». Изменения параметров удалось сделать целенаправленными, подчиненными стратегии поиска экстремальных значений некоторой целевой функции, вычисляемой в процедуре «анализ». Таким образом, на ЭВМ оказалась реализованной задача параметрической оптимизации.

Другой важной задачей, широко решаемой на ЭВМ, явилась задача оформления технической документации. Решение этой задачи связано с развитием машинной графики.

Формулировка задач моделирования и анализа при применении машинных методов проектирования. Выше было введено понятие выходных, внутренних и внешних параметров объектов проектирования. Математические модели, в которых фигурируют только эти параметры, обычно являются аналитическими моделями. Однако получение подобных аналитических моделей — явление довольно редкое в практике проектирования. В общем случае уравнения математической модели связывают физические величины, которые характеризуют состояние объекта и не относятся к перечисленным выше выходным, внутренним или внешним параметрам (например, скорости и силы в механических).

3. Техническое задание и технические требования проектируемой машине.  
Классификация параметров СХМ.

На каждом уровне блочно-иерархического проектирования исходными данными являются данные ТЗ, а результатом – техническая документация.

Проектирование сводится к решению определенных задач, относящихся либо к задачам синтеза, либо к задачам анализа.

Понятие «синтез» технического объекта в широком смысле слова близко по содержанию к понятию «проектирование». Разница заключается в том, что проектирование означает весь процесс разработки объекта, а синтез характеризует часть этого процесса, когда создается какой-то вариант, не обязательно окончательный, т. е. синтез как задача может выполняться при проектировании много раз, перемежаясь с решением задач анализа.

Анализ технических объектов — это изучение их свойств; при анализе не создаются новые объекты, а исследуются заданные.

Синтез технических объектов нацелен на создание новых вариантов, а анализ используется для оценки этих вариантов, т. е. синтез и анализ выступают в процессе проектирования в диалектическом единстве.

Для дискретных объектов задача синтеза является задачей определения структуры.

Для непрерывных объектов решение задачи синтеза должно приводить к определению структуры и численных значений внутренних параметров разрабатываемых устройств. Часто желательно различать задачи определения структуры и определения значений внутренних параметров — в дальнейшем будем использовать для этих задач соответственно термины «синтез структуры» и «расчет внутренних параметров» (структурный синтез, параметрический синтез). Если среди вариантов структуры ищется не любой приемлемый вариант, а наилучший в некотором смысле, то такую задачу синтеза называют *структурной оптимизацией*. Расчет внутренних параметров, оптимальных с позиций некоторого критерия при заданной структуре объекта, называют параметрической *оптимизацией*. Как будет показано ниже, возможности постановки и решения задач структурной оптимизации существенно ограничены, поэтому обычно под оптимизацией понимают только параметрическую оптимизацию. Таким образом, параметрическая оптимизация — это определение таких значений внутренних параметров  $X$ , при которых некоторая функция  $F(X)$ , называемая целевой функцией или функцией качества, принимает экстремальное значение.

К определяемым при оптимизации внутренним параметрам может относиться только часть параметров элементов, называемых управляемыми параметрами. Если использовать геометрические представления при описании процедур оптимизации, то можно говорить о  $n$ -мерном пространстве, осями координат которого являются оси управляемых параметров. Это пространство называют *пространством управляемых параметров*. Каждой точке этого

пространства соответствует определенная совокупность значений параметров  $x_1$  — определенное значение вектора управляемых параметров  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Точку, соответствующую выбранному на данном этапе проектирования значению  $X$ , называют отображающей точкой. Аналогично можно использовать понятие пространства выходных параметров.

Задача анализа объекта сводится к получению некоторой информации о свойствах объекта в заданной отображающей точке или в достаточно малых окрестностях этой точки. Различают несколько видов задач анализа. По частоте применения задачи анализа делят на типовые и нетиповые. Первые встречаются при проектировании разнообразных объектов, их решение дает информацию об основных свойствах объектов. Нетиповые задачи анализа служат для получения некоторой дополнительной информации, причем алгоритмы решения этих задач могут быть разнообразными и заранее не известными.

Другой принцип классификации задач анализа приводит к их делению на группы задач одновариантного и многовариантного анализа. Решение задач одновариантного анализа позволяет получить информацию о выходных параметрах объекта непосредственно в заданной отображающей точке, причем чаще всего решение сводится к однократному решению системы уравнений или к однократному испытанию макета объекта.

Типовыми задачами одновариантного анализа являются:

- анализ статического состояния;
- анализ переходного процесса;
- анализ частотных характеристик;
- анализ устойчивости;
- анализ стационарных режимов колебаний.

Многовариантный анализ заключается в исследовании поведения объекта в некоторой окрестности заданной отображающей точки. Обычно многовариантный анализ требует многократного выполнения одновариантного анализа. К типовым задачам многовариантного анализа относят прежде всего:

- статистический анализ;
- анализ чувствительности.

Если решение задач одновариантного анализа дает ответ на вопрос, выполняются ли условия работоспособности в заданном варианте структуры при номинальных значениях внутренних параметров, то решение задачи статистического анализа отвечает также на вопрос, с какой вероятностью будут выполняться условия работоспособности. Действительно, внутренние параметры любого технического объекта не могут быть выдержаны с любой желаемой точностью. Вследствие неизбежных погрешностей

технологического оборудования, разброса параметров исходных материалов параметры элементов оказываются случайными величинами. Так как выходные параметры суть функции параметров элементов, то они также являются случайными величинами. Поэтому при серийном производстве изделий каждый экземпляр будет иметь свои случайные значения выходных и внутренних параметров, причем у части экземпляров условия работоспособности могут выполняться, а у другой части — не выполняться. Знание вероятности выполнения условий работоспособности имеет важное значение в процессе проектирования, так как эта вероятность характеризует такие свойства проектируемого объекта, как надежность и серийнопригодность.

Анализ чувствительности позволяет определить степень влияния внутренних и внешних параметров объекта на выходные параметры. Поэтому данный вид анализа широко используется для оценки нестабильности выходных параметров при воздействии внешних дестабилизирующих факторов. Другое важное назначение анализа чувствительности заключается в получении информации о том, в каком направлении и какие управляемые параметры следует изменять в процессе оптимизации. Действительно, чтобы улучшить свойства объекта, надо экстремизировать целевую функцию, поэтому необходимо изменять те управляемые параметры, которые существенно влияют на целевую функцию.

Схема процесса проектирования на каждом уровне проектирования представляется как решение совокупности задач; этот процесс иллюстрируется схемой. Разработка блока по предъявленному ТЗ начинается с синтеза структуры. Исходный вариант структуры генерируется, а затем оценивается с позиций удовлетворения условий работоспособности. Для каждого варианта структуры предусматривается оптимизация параметров, поскольку оценка должна выполняться при оптимальных или близких к оптимальным значениях внутренних параметров. В свою очередь, оптимизация осуществляется путем многократного анализа. Если для некоторого варианта структуры достигнуто выполнение условий работоспособности с заранее оговоренным запасом, то задача синтеза считается решенной; результаты проектирования блока оформляются в виде необходимой технической документации и ТЗ на разработку элементов блока.

Для каждого варианта структуры составляется модель объекта. Эта модель может быть математической при машинном проектировании или физической при экспериментальной отработке изделия. Модель должна быть адекватной объекту в отношении основных интересующих разработчика свойств. Численные значения параметров элементов модели устанавливаются либо на основе простых ручных расчетов, либо берутся сугубо ориентировочными на основе опыта и интуиции инженера. Далее анализом модели, проверкой выполнения условий работоспособности и принятием решения по результатам

проверки производится параметрическая оптимизация. Если условия работоспособности в процессе оптимизации не выполняются, то изменяются параметры элементов и модель анализируется при этих значениях параметров. При успешном решении задачи оптимизации переходят к завершающим процедурам, в противном случае — к генерации нового варианта структуры. Если перебор многих вариантов структуры не приводит к успеху, то ставится вопрос о пересмотре ТЗ на разработку блока, т. е. происходит возврат к предыдущему уровню блочно-иерархического проектирования.



*Схема процесса проектирования на очередном иерархическом уровне.*

Схема отражает типичную последовательность процедур при проектировании, однако в конкретных ситуациях могут быть естественные отклонения от этой последовательности. Так, при разработке дискретных объектов оценка каждого варианта обычно осуществляется более простыми средствами, чем решением сложной задачи параметрической оптимизации; в некоторых случаях структура блока может быть заданной или известной из некоторых источников (тогда из схемы исключают процедуру синтеза структуры).

В связи с итерационным характером процесса проектирования процедуры по схеме могут выполняться многократно. Обычно на первых итерациях блок анализируется менее

тщательно, например проверка выполнения условий работоспособности может проводиться только в номинальном режиме. На последних итерациях становится оправданным трудоемкий статистический анализ.

Задача параметрической оптимизации также может быть заменена более простой задачей расчета внутренних параметров, если до достижения экстремума получается приемлемая степень выполнения условий работоспособности.

#### 4. Задачи, методы проектирования принципы построения и составные части САПР. Классификация конструктивных схем широкозахватных СХМ.

**Этапы проектирования.** Проектирование сложных систем начинается с выработки ТЗ на проектирование и включает в себя этапы предварительного, эскизного и технического (рабочего) проектирования.

Этап предварительного проектирования, или этап научно-исследовательских работ (НИР), связан с поиском принципиальных возможностей построения системы, исследованием новых принципов, структур, технических средств, обоснованием наиболее общих решений; результатом является техническое предложение.

На этапе эскизного проектирования, или этапе опытно-конструкторских работ (ОКР), производится детальная проработка возможности построения системы; результатом является эскизный проект.

На этапе технического (рабочего) проектирования выполняется тщательная проработка всех схемных, конструкторских и технологических решений; результатом является технический проект.

При серийном производстве проектируемых изделий в процесс проектирования входит изготовление опытного образца, по результатам испытания которого вносятся все необходимые изменения в проектную документацию.

Часто к проектированию относят изготовление и эксплуатацию пробной серии, поскольку на этих этапах получают много полезной информации для улучшения проекта.

Применение САПР характерно для этапов эскизного и технического проектирования. Этап предварительного проектирования - это творческий процесс, протекающий в значительной мере по алгоритмам, пока недостаточно известным.

На этапах эскизного и технического проектирования выделяется несколько уровней проектирования (блочно-иерархический подход к проектированию). На разработку блоков каждого уровня необходимо ТЗ. В результате проектирования должна быть получена вся необходимая документация (описания, чертежи, таблицы и т. п.), характеризующая структуру и внутренние параметры этих блоков. Исходными данными для проектирования

на очередном  $i$ -м уровне кроме данных ТЗ являются параметры элементов данного уровня. Поскольку на  $i$ -м уровне элементы, являющиеся блоками следующего ( $i + 1$ )-го уровня, еще не разработаны, то параметрами Элементов необходимо задаваться, исходя из тех или иных соображений, подкрепляемых предыдущим опытом проектирования. Выбранные значения внутренних параметров, во-первых, используются на данном уровне разработки, во-вторых, включаются в ТЗ на разработку элементов, т. е. в ТЗ для последующего ( $i + 1$ )-го уровня. Поэтому, если ТЗ на самом верхнем уровне есть ТЗ на систему, то технические задания на всех остальных уровнях получаются в процессе проектирования.

Решения при блочно-иерархическом проектировании принимаются при отсутствии полной информации и поэтому могут привести к ошибочным результатам. Например, могут быть приняты не реализуемые по технологическим, экономическим или иным соображениям параметры элементов, т. е. может быть предъявлено невыполнимое ТЗ для следующего уровня. Ошибки выявляются при переходе на следующий уровень; их исправление происходит через повторное выполнение предыдущих этапов (имеет место последовательное приближение к правильным результатам). Отсюда вытекает важная особенность процесса проектирования, заключающаяся в его *итерационном характере*. Отражением итерационного характера проектирования собственно и является выделение этапов предварительного, эскизного и технического проектирования; итерации, зачастую многократные, наблюдаются и внутри этих этапов.

Требуемые соотношения между выходными параметрами и техническими требованиями называют *условиями работоспособности*. В случае, когда выходные параметры имеют по ТЗ двустороннее ограничение, условия работоспособности записываются в виде двух неравенств или в виде равенства  $y_j = TT_j \pm \Delta y_j$ , где  $y_j$  – выходной параметр, а  $\Delta y_j$  – допустимое отклонение этого параметра указанного в ТЗ значения  $TT_j$ .

Следовательно, все условия работоспособности для удобства рассмотрения можно привести к единой форме:

$$y_j < TT_j$$

Условия работоспособности важны при проектировании, так как задача проектирования формируется следующим образом: разработать блок такой, в котором наилучшим образом выполняются все условия работоспособности во всем диапазоне изменения внешних параметров и при выполнении всех качественных требований ТЗ. Часто в ТЗ непосредственно входят или подразумеваются ограничения на многие внутренние параметры.

Типичное ТЗ на проектирование дискретного объекта содержит описание условий работоспособности и некоторых дополнительных условий и ограничений, указание

критерия оптимальности явно может не содержаться, хотя его наличие всегда необходимо. Особенность такого ТЗ заключается в форме условий работоспособности: последние не обязательно должно быть совокупностью равенств или неравенств, они могут иметь форму логических уравнений, текстовую или таблиц истинности.

## 5. Классификация СХМ. Обоснование и выбор обобщенных координат.

Сельскохозяйственные машины классифицируют:

1. По виду выполняемых работ – пахотные, почвообрабатывающие, посевные, для внесения удобрений, для уборки картофеля и др.
2. По способу производства работ – мобильные, стационарные, стационарно-передвижные.

Мобильные сельскохозяйственные машины – это машины, выполняющие свои функции во время движения. Стационарные машины обрабатывают материал, доставляемый к ним транспортными средствами. Стационарно-передвижные машины перевозят с одной позиции на другую для обработки находящегося там материала.

3. По способу агрегатирования – самоходные, навесные, прицепные, полунавесные, монтируемые.

Самоходная машина имеет свою ходовую часть и свой источник энергии. При этом в транспортном положении сила тяжести машины вместе с силой тяжести источника энергии действуют на почву или дорогу непосредственно через ходовую часть самоходной машины. Самоходными, как правило, изготавливаются зерноуборочные и другие комбайны.

У навесной машины сила тяжести машины в транспортном положении действует на почву или дорогу непосредственно через ходовые колеса трактора. В рабочем положении машина, как правило, опирается на свои колеса, в транспортном – оторвана от почвы.

У прицепной машины сила тяжести машины в транспортном положении действует на почву или дорогу через ходовую систему машины.

У полунавесной машины сила тяжести машины в транспортном положении действует на почву как через ходовую часть машины, так и через ходовую часть трактора.

Монтируемая машина – не имеет единой рамы, а отдельные сборочные единицы сельскохозяйственной машины крепятся на тракторе в различных местах и соединяются между собой механизмами и коммуникациями.

4. По способу использования энергии рабочими органами – с пассивными, активными и комбинированными (активно-пассивными) рабочими органами.

5. По виду тяги – тракторные, конные.

6. По виду источника энергии (двигателя) – с двигателем внутреннего сгорания и с электродвигателем (электрифицированные), которые применяются, в основном, на зернотоках, на животноводческих фермах.

7. По способу привода рабочих органов – от двигателя трактора (машины, энергосредства), от собственного двигателя и от опорно-приводных колес. Привод от двигателя трактора через его вал отбора мощности (ВОМ) имеют картофелекопатели, разбрасыватели удобрений, опрыскиватели и т.п. от собственного двигателя приводятся рабочие органы зерноуборочных комбайнов, кормоуборочных и других самоходных машин. От опорно-приводных колес работают высевающие аппараты сеялок, туковысевающие аппараты культиваторов.

8. По расположению машины относительно трактора (энергосредства) – фронтальная, с боковой навеской, задненавесная и комбинированная.

Уравнения Лагранжа представляют собой дифференциальные уравнения движения системы в обобщенных координатах.

Обобщенные координаты – независимые между собой величины, однозначно определяющие положение системы. Число обобщенных координат голономной системы (ниже рассматриваются только такие системы) равно числу ее степеней свободы.

Уравнения Лагранжа имеют вид

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i$$

где  $n$  – число степеней свободы системы;  $q_i$  – обобщенные координаты;  $\dot{q}_i$  – обобщенные скорости;  $Q_i$  – обобщенные силы;  $T$  – кинетическая энергия системы.

Кинетическую энергию системы со стационарными связями (ниже рассматриваются системы именно с такими связями) целесообразно до подстановки в уравнение представить в виде функций обобщенных координат и обобщенных скоростей

$$T = T(q_1, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dots, \dot{q}_n).$$

Чтобы применять уравнения Лагранжа для исследования движения системы, нужно уметь:

- устанавливать число степеней свободы системы;
- выбирать ее обобщенные координаты;

- определять обобщенные силы;
- составлять выражение кинетической энергии системы в обобщенных координатах.

Выполнение этих операций будем рассматривать на следующих трех примерах.

### Пример 1

Система на рис. 1 состоит из груза А и барабана В, соединенных тросом, наматываемым на барабан. Постоянный вращающий момент  $M$ , приложенный к барабану, приводит груз в движение по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол  $\alpha$ . Момент инерции барабана В относительно оси вращения равен  $J$ ; радиус его –  $r$ . Вес груза А равен  $P$ , коэффициент трения его о плоскость –  $f$ . Трением в подшипниках барабана пренебречь. Трос считать невесомым и нерастяжимым. Требуется определить ускорение груза А.

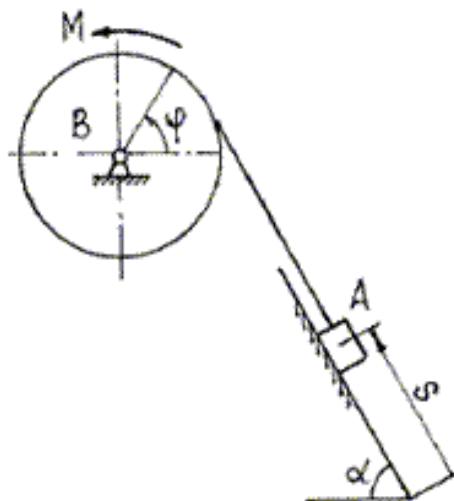


Рис. 1

### Пример 2

Система на рис. 2 состоит из цилиндра А, блока В и груза D. Груз D присоединен к нити, перекинутой через блок В и намотанной на цилиндр А. Система перемещается под действием сил тяжести так, что груз D движется по вертикали, а цилиндр А совершает плоскопараллельное движение, при котором центр А цилиндра движется по вертикали.

Поворачиваясь вокруг оси  $Z_A$ , цилиндр раскатывает нить. Вес груза D равен  $P$ . Однородный сплошной цилиндр А имеет вес  $2P$ , радиус  $r$ . Момент инерции блока В относительно оси вращения равен  $J$ , радиус его равен  $r$ . Нить считать невесомой и нерастяжимой. Трением и сопротивлением движению системы пренебречь. Требуется определить ускорение груза D и ускорение центра А цилиндра.

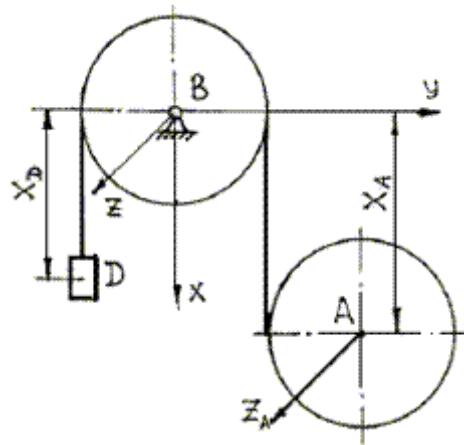


Рис. 2

### Пример 3

Система на рис. 3 состоит из однородного стержня АВ длиной  $L$  и весом  $P$ , на который надет шарик D весом  $G$ . Размерами шарика пренебречь. Стержень может вращаться вокруг оси  $Z$  в вертикальной плоскости. Шарик присоединен к точке А пружиной. Длина пружины в ненапряженном состоянии равна  $\ell$ , жесткость ее равна  $C$ , весом пружины, пренебречь. Пренебрегая трением и сопротивлением движению, требуется определить угловое ускорение стержня и ускорение шарика в его движении по стержню.

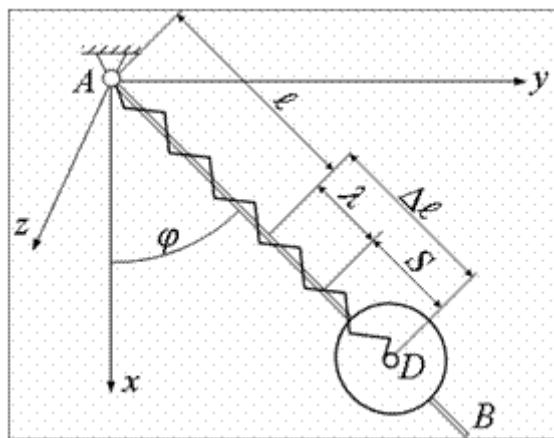


Рис. 3

Определение числа степеней свободы системы. Числом степеней свободы системы называется число независимых возможных перемещений. Число степеней свободы системы определяют следующим образом. Вначале у системы исключают одну степень свободы (для этого закрепляют точку, движущуюся по заданной линии, или закрепляют вращающееся тело). Если после этого подвижность системы будет полностью устранена, значит, у системы одна степень свободы. Если же подвижность сохранится, то исключают

еще одну степень свободы. И так далее до полной остановки системы. Число таких исключений равно числу степеней свободы системы.

Учитывая сказанное, легко убедиться, что система на рис. 1 имеет одну степень свободы, а системы на рис. 2 и 3 – две степени свободы.

Заметим, что иногда в соответствии с условием задачи некоторые возможные перемещения системы в расчет не принимаются. Так, в примере 2 горизонтальные возможные перемещения точек А и D не учитываются, так как по условию задачи эти точки движутся по вертикальным прямым.

Выбор обобщенных координат. В качестве обобщенных координат обычно выбирают углы поворота тел системы или координаты ее точек. Начало и положительное направление отсчета каждой обобщенной координаты рекомендуется выбирать так, чтобы в процессе движения эти координаты возрастили. Если система имеет положение статического равновесия, то начало отсчета рекомендуется выбирать так, чтобы в положении статического равновесия все обобщенные координаты системы были равны нулю.

Во многих случаях выбор обобщенных координат определяется условием задачи. Если в задаче нужно найти ускорение некоторой точки, движущейся вдоль оси  $x$ , то в качестве обобщенной координаты следует взять координату  $x$  этой точки, т. е.  $q = x$ , тогда искомое ускорение  $a = \ddot{x}$ . Если же в задаче требуется найти угловое ускорение тела, вращающегося вокруг оси, то в качестве обобщенной координаты следует взять угол  $\varphi$  поворота тела вокруг этой оси, тогда искомое угловое ускорение  $\varepsilon = \ddot{\varphi}$ .

#### Пример 1 (рис.1)

В качестве обобщенной координаты системы можно выбрать координату  $S$  точки А, отсчитываемую вдоль линии ее движения от какой-либо неподвижной точки на этой линии в направлении движения точки А.

Если бы по условию задачи требовалось определить угловое ускорение барабана В, то в качестве обобщенной координаты системы следовало взять угол  $\varphi$  поворота барабана, отсчитываемый от какого-либо начала отсчета в направлении вращения барабана.

#### Пример 2 (рис. 2)

Предполагая, что точки А и D движутся вниз, в качестве обобщенных координат системы следует взять  $x_A$  и  $x_D$ , отсчитываемые от оси  $y$  вниз. Если в результате

решения задачи окажется, что  $\dot{x}_A < 0$  (или  $\dot{x}_D < 0$ ), то это будет означать, что точка A (или D) движется вверх.

Пример 3 (рис. 3)

Эта система имеет положение статического равновесия, в котором стержень AB совпадает с осью  $\mathbf{x}$ , а сила тяжести  $G$  шарика D уравновешена силой упругости пружины. Напомним, что сила упругости пружины  $F = c \Delta\ell = c(\lambda + S)$ , где  $c$  – жесткость пружины,  $\Delta\ell$  – ее деформация в произвольном положении шарика D;  $\lambda$  – деформация пружины в положении статического равновесия системы. Учитывая, что

$$\lambda = \frac{G}{c}, \text{ получим } F = G + cS.$$

В качестве обобщенных координат системы в примере 3 следует взять угол  $\varphi$  поворота стержня AB и расстояние  $S$  шарика D от его положения, в котором деформация пружины равна  $\lambda$ .

## **1. 9 Лекция № 12,13 (4 часа).**

**Тема:** «Испытания сельскохозяйственных машин»

### **1.9.1 Вопросы лекции:**

1. Математические модели сельскохозяйственных агрегатов для программированного проектирования. Требования, предъявляемые к математическим моделям.

2. Методы построения математических моделей. Математическая модель сельскохозяйственных агрегатов.

3. Особенности программ для автоматизированного проектирования широкозахватных СХМ. Исходные данные для программы кинематического и динамического анализа. Блок-схема программ.

4. Проектирование СХМ с использованием ЭВМ Особенности проектирования СХМ с использованием ЭВМ. Выбор оптимальной конструктивной схемы и параметров проектируемой машины.

### **1.9.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Математические модели сельскохозяйственных агрегатов для программированного проектирования. Требования, предъявляемые к математическим моделям.

МО АПР включает в себя ММ объектов проектирования, методы и алгоритмы выполнения проектных процедур.

ММ служат для описания свойств объектов в процедурах АПР. Если проектная процедура включает создание ММ и оперирование ею с целью получения полезной информации об объекте, то говорят, что процедура выполняется на основе математического моделирования.

К ММ предъявляются требования универсальности, точности, адекватности и экономичности. Степень универсальности ММ характеризует полноту отображения в модели свойств реального объекта. ММ отражает лишь некоторые свойства объекта. Так, большинство ММ, используемых при функциональном проектировании, предназначено для отображения протекающих в объекте физических или информационных процессов, при этом не требуется, чтобы ММ описывала такие свойства объекта, как геометрическая форма составляющих его элементов. Например, ММ резистора в виде уравнения закона Ома характеризует свойства резистора пропускать электрический ток, но не отражает такие габариты резистора, как детали, его цвет, механическую прочность, стоимость и т.п. Точность ММ оценивается степенью совпадения значений параметров реального объекта и значений тех же параметров, рассчитанных с помощью оцениваемой ММ. Пусть

отражаемые в ММ свойства оцениваются вектором выходных параметров  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ . Тогда, обозначив истинное и рассчитанное с помощью ММ значения  $j$ -го выходного параметра через  $y_j$  ист и  $y_j$  расчета, соответственно, определим относительную погрешность параметра  $y_j$  как  $\varepsilon_j = (y_j \text{ расчет} - y_j \text{ ист}) / y_j \text{ ист}$ . При необходимости  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_m = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_m)$ . Получена векторная оценка  $\varepsilon$ ,ведения этой оценки к скалярной используют какую-либо норму вектора, например  $\|\varepsilon\| = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_m^2}$ . Адекватность ММ – способность отображать заданные свойства объекта с погрешностью не выше заданной. Поскольку выходные параметры являются функциями векторов параметров внешних  $Q$  и внутренних  $X$ , погрешность зависит от значений  $Q$  и  $X$ . Обычно значения внутренних параметров ММ  $m$  в некоторой точке  $Q$  определяют из условия минимизации погрешности пространства внешних переменных, а используют модель с рассчитанным вектором  $X$  при различных значениях  $Q$ . При этом, как правило, адекватность модели имеет место лишь в ограниченной области изменения внешних переменных – области адекватности (ОА) ММ:  $\{Q | \delta \leq m \leq Q_{max}\}$ , где  $\delta > 0$  – заданная константа, равная предельно допустимой погрешности модели. Экономичность ММ характеризуется затратами вычислительных ресурсов (затратами машинных времени  $T_m$  и памяти  $P_m$ ) на ее реализацию. Чем меньше  $T_m$  и  $P_m$ , тем модель экономичнее. Вместо значений  $T_m$  и  $P_m$ , зависящих не только от свойств модели, но и от особенностей применяемой ЭВМ, часто используют другие величины, например: среднее количество операций, выполняемых при одном обращении к модели, размерность системы уравнений, количество используемых в модели внутренних параметров и т.п. Требования высокой точности, степени универсальности, широкой ОА, с одной стороны, и высокой экономичности, с другой стороны, противоречивы. Наилучшее компромиссное удовлетворение этих противоречивых требований зависит от особенностей решаемых задач, иерархического уровня и аспекта проектирования. Это обстоятельство обуславливает применение в САПР широкого спектра ММ.

По характеру отображаемых свойств объекта ММ делятся на структурные и функциональные. Структурные ММ предназначены для отображения структурных свойств объекта. Различают структурные ММ топологические и геометрические. В топологических ММ отображаются состав и взаимосвязи элементов объекта. Их чаще всего применяют для описания объектов, состоящих из большого числа элементов, при решении задач привязки конструктивных элементов к определенным пространственным позициям (например, задачи компоновки оборудования, размещения деталей, трассировки соединений) или к относительным моментам времени (например, при разработке расписаний, технологических процессов). Топологические модели могут иметь форму

графов, таблиц (матриц), списков и т.п. В геометрических ММ отображаются геометрические свойства объектов, в них дополнительно к сведениям о взаимном расположении элементов содержатся сведения о форме деталей. Геометрические ММ могут выражаться совокупностью уравнений линий и поверхностей, алгебраических соотношений, описывающих области, составляющие тело объекта; графиками и списками, отображающими конструкции из типовых конструктивных элементов, и т.п. Геометрические ММ применяют при решении задач конструирования в машиностроении, приборостроении, радиоэлектронике, для оформления конструкторской документации, при задании исходных данных на разработку технологических процессов изготовления деталей. Используют несколько типов геометрических ММ. В машиностроении для отображения геометрических свойств со сравнительно несложными поверхностями применяют ММ, представляемые в аналитической или алгебраической форме (аналитические, алгебрологические). Аналитические ММ - уравнения поверхностей и линий. Например, уравнение плоскости имеет вид  $ax + by + cz + d = 0$ , а эллипсоида - вид  $(x/a)^2 + (y/b)^2 + (z/c)^2 + d = 0$ , где  $x, y, z$  - пространственные координаты,  $a, b, c, d$  - коэффициенты уравнений. В алгебрологических ММ тела описываются системами логических выражений, отображающих условия принадлежности точек внутренним областям тел. Для сложных поверхностей аналитические и алгебрологические модели оказываются слишком громоздкими, их трудно получать и неудобно использовать. Область их применения обычно ограничивается поверхностями плоскими и второго порядка. В машиностроении для отображения геометрических свойств деталей со сложными поверхностями применяют ММ каркасные и кинематические. Каркасные ММ представляют собой каркасы - конечные множества элементов, например, точек или кривых, принадлежащих моделируемой поверхности. В частности, выбор каркаса в виде линий, образующих сетку на описываемой поверхности, приводит к разбиению поверхности на отдельные участки. Кусочно-линейная аппроксимация на этой сетке устраняет главный недостаток аналитических моделей, так как в пределах каждого из участков, имеющих малые размеры, возможна удовлетворительная по точности аппроксимация поверхностями с простыми уравнениями. Коэффициенты этих уравнений рассчитываются исходя из условий плавности сопряжений участков. В кинематических ММ поверхность представляется в параметрическом виде  $R(u, v)$ , где  $R = (x, y, z)$ ,  $u$  и  $v$  - параметры. Такую поверхность можно получить в результате перемещения в трехмерном пространстве кривой  $R(u)$ , называемой образующей, по некоторой направляющей линии. Коэффициенты уравнений во всех рассмотренных моделях, как правило, не имеют простого геометрического смысла, что затрудняет работу с ними в интерактивном

режиме. Этот недостаток устраняется в канонических моделях и в геометрических макромоделях. Канонические модели используют в тех случаях, когда удается выделить параметры, однозначно определяющие геометрический объект и в то же время имеющие простую связь с его формой. Например, для плоского многоугольника такими параметрами являются координаты вершин, для цилиндра - направляющие косинусы и координаты некоторой точки оси, а также радиус цилиндра. Геометрические макромодели являются описаниями предварительно отобранных типовых геометрических фрагментов. Такими фрагментами могут быть типовые сборочные единицы, а их макромоделями - условные номера, габаритные и стыковочные размеры. При оформлении конструкторской документации макромодели используют для описания типовых графических изображений, например, зубчатых колес, винтовых соединений, подшипников и т.п. Функциональные ММ предназначены для отображения физических или информационных процессов, протекающих в объекте при его функционировании или изготовлении. Обычно функциональные ММ представляют собой системы уравнений, связывающих фазовые переменные, внутренние, внешние и выходные параметры. Одной из основных задач создания САПР является разработка компонентов МО, обеспечивающих наилучшее компромиссное удовлетворение противоречивых требований универсальности, точности, экономичности, надежности. Использование принципов блочно-иерархического подхода к проектированию приводит к появлению иерархии ММ-проектируемых объектов. Количество иерархических уровней при моделировании определяется сложностью проектируемых объектов и возможностями средств проектирования. Однако для большинства предметных областей можно отнести имеющиеся иерархические уровни к одному из трех обобщенных уровней, называемых далее микро-, макро- и метауровнями. В зависимости от места в иерархии описаний ММ делятся на ММ, относящиеся к микро-, макро- и метауровням.

ММ служат для описания свойств объектов в процедурах АПР. Если проектная процедура включает создание ММ и оперирование ею с целью получения полезной информации об объекте, то говорят, что процедура выполняется на основе математического моделирования К ММ предъявляются требования универсальности, точности, адекватности и экономичности. Степень универсальности ММ характеризует полноту отображения в модели свойств реального объекта. ММ отражает лишь некоторые свойства объекта. Так, большинство ММ, используемых при функциональном проектировании, предназначено для отображения протекающих в объекте физических или информационных процессов, при этом не требуется, чтобы ММ описывала такие свойства объекта, как геометрическая форма составляющих его элементов.

## 2. Методы построения математических моделей. Математическая модель сельскохозяйственных агрегатов.

При разработке и исследовании технических объектов важным фактором является технико-экономическое обоснования, в котором рассматриваются предполагаемые источники финансирования. В результате этого обоснования проводят выбор рациональных структур и оптимальных параметров теплотехнических систем. Устное решение этих задач на современном уровне не возможно без применения матем. модели. Реализация матем. модели на данном этапе существующего объекта позволяет решать задачи:

1.исследовать характер взаимосвязи и пар-ров системы и проанализировать их влияние на основные показатели, как технические, так и экономические.

2.исследовать влияние внешних условий сооружения и эксплуатации теплоэнергетической установки на соотношение ее пар-ров и технико-экономических показателей.

3.численно оценить дополнительные материальные вложения, снижения КПД, изменения приведенных затрат и ряда других показателей системы, в случае отказа оптимальных пар-ров и схем из-за каких-нибудь технических или экономических причин.

4.оценить структурную и параметрическую оптимизацию системы.

Матем. моделирование позволяет выполнять в едином интерактивном процессе расчет технологической схемы установки и технические расчеты оборудования, при этом достигается значение тепловых балансов, теплового гидравлического и прочностного элементов оборудования, определение тепловых и гидравлических потерь, уточнение КПД и основных показателей системы установок. Такое взаимное уточнение без применения методов мат. моделирования невозможно ввиду сложности и трудоемкости многократного повторения расчетов. При этом следует помнить, что мат. модели, разработанные на стадии проектирования технического объекта, м.б. использованы на этапе его эксплуатации. В виду физ. старения оборудования происходит изменение его технических пар-ров, а  $\Rightarrow$  изменяются: значения оптимальных пар-ров, которые должны уточняться периодически или постоянно при эксплуатации оборудования. При выполнении технико-экономического обоснования следует учитывать, что теплоэнергетические системы являются элементами топливно-энергетического комплекса страны, а так же они взаимосвязаны с другими пром. отраслями, а именно металлургией и машиностроением. Вследствие этого при оптимизации следует учитывать не только внутренние связи, но и внешние, т.е. необходимо учитывать общее состояние развития, энергетики, металлургии, машиностроения, вопросы взаимодействия с о.с. Учет внешних

связей еще более усложняет задачу оптимизации. В то же время применения матем. моделирования позволяет не только описать известные связи характеризующие исследуемый объект, но так же позволяет раскрыть новые закономерности, как в самом объекте, так и при его взаимодействии с внешними системами. Следует так же учитывать, что применение матем. моделирования повышает ответственность исполнителями, т.е. человека, участвующего в процессе проектирования оборудования, т.к. возрастает производительность его труда, а  $\Rightarrow$  и выполняемые объемы за одно и то же время. Таким образом, при выполнении технико-экономического обоснования с применением метода мат. моделирования, необходимо иметь обобщенную модель, включающую в себя модель структуры системы матем. модели элементов системы, мат. модели с взаимодействиями с внешней системой. В то же время следует отметить, что основной сложностью внедрения мат. моделирования в инженерную практику, являются большие затраты труда на создание мат. моделей, и создания программного обеспечения для реализации мат. моделей.

### 3. Особенности программ для автоматизированного проектирования широкозахватных СХМ. Исходные данные для программы кинематического и динамического анализа. Блок-схема программ.

Проектирующие подсистемы непосредственно выполняют проектные процедуры. Примерами проектирующих подсистем могут служить подсистемы геометрического трехмерного моделирования механических объектов, изготовления конструкторской документации, схемотехнического анализа, трассировки соединений в печатных платах.

Обслуживающие подсистемы обеспечивают функционирование проектирующих подсистем, их совокупность часто называют системной средой (или оболочкой) САПР. Типичными обслуживающими подсистемами являются подсистемы управления проектными данными (PDM — Product Data Management), управления процессом проектирования (DesPM — Design Process Management), пользовательского интерфейса для связи разработчиков с ЭВМ, CASE (Computer Aided Software Engineering) для разработки и сопровождения программного обеспечения САПР, обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР.

Структурирование САПР по различным аспектам обуславливает появление видов обеспечения САПР. Принято выделять семь видов обеспечения:

- техническое (ТО), включающее различные аппаратные средства (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое коммутационное оборудование, линии связи, измерительные средства);

- математическое (МО), объединяющее математические методы, модели и алгоритмы для выполнения проектирования;
- программное (ПО), представляющее компьютерными программами САПР;
- информационное (ИО), состоящее из баз данных (БД), систем управления базами данных (СУБД), а также других данных, используемых при проектировании; отметим, что вся совокупность используемых при проектировании данных называется информационным фондом САПР, а БД вместе с СУБД носит название банка данных (БнД);
- лингвистическое (ЛО), выражаемое языками общения между проектировщиками и ЭВМ, языками программирования и языками обмена данными между техническими средствами САПР;
- методическое (МетО), включающее различные методики проектирования, иногда к МетО относят также математическое обеспечение;
- организационное (ОО), представляющее штатными расписаниями, должностными инструкциями и другими документами, регламентирующими работу проектного предприятия.

Теперь кратко разберёмся с назначением каждого компонента средств САПР.

**Математическое обеспечение САПР.** Основа - это алгоритмы, по которым разрабатывается программное обеспечение САПР. Среди разнообразных элементов математического обеспечения имеются инвариантные элементы-принципы построения функциональных моделей, методы численного решения алгебраических и дифференциальных уравнений, постановки экстремальных задач, поиски экстремума. Разработка математического обеспечения является самым сложным этапом создания САПР, от которого в наибольшей степени зависят производительность и эффективность функционирования САПР в целом.

**Программное обеспечение САПР.** Программное обеспечение САПР представляет собой совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования. Программное обеспечение делится на общесистемное и специальное (прикладное) ПО. Общесистемное ПО предназначено для организации функционирования технических средств, т. е. для планирования и управления вычислительным процессом, распределения имеющихся ресурсов, о представлено различными операционными системами. В специальном ПО реализуется математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур.

**Информационное обеспечение САПР.** Основу составляют данные, которыми пользуются проектировщики в процессе проектирования непосредственно для выработки проектных решений. Эти данные могут быть представлены в виде тех или иных документов на различных носителях, содержащих сведения справочного характера о материалах, параметрах элементов, сведения о состоянии текущих разработок в виде промежуточных и окончательных проектных решений.

**Техническое обеспечение САПР.** Это создание и использование ЭВМ, графопостроителей, оргтехники и всевозможных технических устройств, облегчающих процесс автоматизированного проектирования.

**Лингвистическое обеспечение САПР.** Основу составляют специальные языковые средства (языки проектирования), предназначенные для описания процедур автоматизированного проектирования и проектных решений. Основная часть лингвистического обеспечения - языки общения человека с ЭВМ.

**Методическое обеспечение САПР.** Под методическим обеспечением САПР понимают входящие в её состав документы, регламентирующие порядок ее эксплуатации. Причем документы, относящиеся к процессу создания САПР, не входят в состав методического обеспечения. Так в основном документы методического обеспечения носят инструктивный характер, и их разработка является процессом творческим.

**Организационное обеспечение САПР.** Этот пункт предписывает комплектование подразделений САПР профессионально грамотными специалистами, имеющими навыки и знания для работы с перечисленными выше компонентами САПР. От их работы будет зависеть эффективность и качество работы всего комплекса САПР (может даже всего производства).

Классификацию САПР осуществляют по ряду признаков, например, по приложению, целевому назначению, масштабам (комплексности решаемых задач), характеру базовой подсистемы — ядра САПР.

По приложениям наиболее представительными и широко используемыми являются следующие группы САПР.

1. САПР для применения в отраслях общего машиностроения. Их часто называют машиностроительными САПР или MCAD (Mechanical CAD) системами.
2. САПР для радиоэлектроники. Их названия — ECAD (Electronic CAD) или EDA (Electronic Design Automation) системы.
3. САПР в области архитектуры и строительства.

Кроме того, известно большое число более специализированных САПР, или выделяемых в указанных группах, или представляющих самостоятельную ветвь в

классификации. Примерами таких систем являются САПР больших интегральных схем (БИС); САПР летательных аппаратов; САПР электрических машин и т.п.

По целевому назначению различают САПР или подсистемы САПР, обеспечивающие разные аспекты (страты) проектирования. Так, в составе MCAD появляются CAE/CAD/CAM системы:

1. САПР функционального проектирования, иначе САПР-Ф или CAE (Computer Aided Engineering) системы.

2. Конструкторские САПР общего машиностроения — САПР-К, часто называемые просто CAD системами;

3. Технологические САПР общего машиностроения — САПР-Т, иначе называемые автоматизированными системами технологической подготовки производства АСТПП или системами CAM (Computer Aided Manufacturing).

По масштабам различают отдельные программно-методические комплексы (ПМК) САПР, например, комплекс анализа прочности механических изделий в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ) или комплекс анализа электронных схем; системы ПМК; системы с уникальными архитектурами не только программного (software), но и технического (hardware) обеспечений.

По характеру базовой подсистемы различают следующие разновидности САПР.

1. САПР на базе подсистемы машинной графики и геометрического моделирования. Эти САПР ориентированы на приложения, где основной процедурой проектирования является конструирование, т.е. определение пространственных форм и взаимного расположения объектов. Поэтому к этой группе систем относится большинство графических ядер САПР в области машиностроения.

В настоящее время появились унифицированные графические ядра, применяемые более чем в одной САПР, это ядра Parasolid фирмы EDSUnigraphicsиACIS фирмы Intergraph.

2. САПР на базе СУБД. Они ориентированы на приложения, в которых при сравнительно несложных математических расчетах перерабатывается большой объем данных. Такие САПР преимущественно встречаются в технико-экономических приложениях, например, при проектировании бизнес-планов, но имеют место также при проектировании объектов, подобных щитам управления в системах автоматики.

3. САПР на базе конкретного прикладного пакета. Фактически это автономно используемые программно-методические комплексы, например, имитационного моделирования производственных процессов, расчета прочности по методу конечных элементов, синтеза и анализа систем автоматического управления и т.п. Часто такие

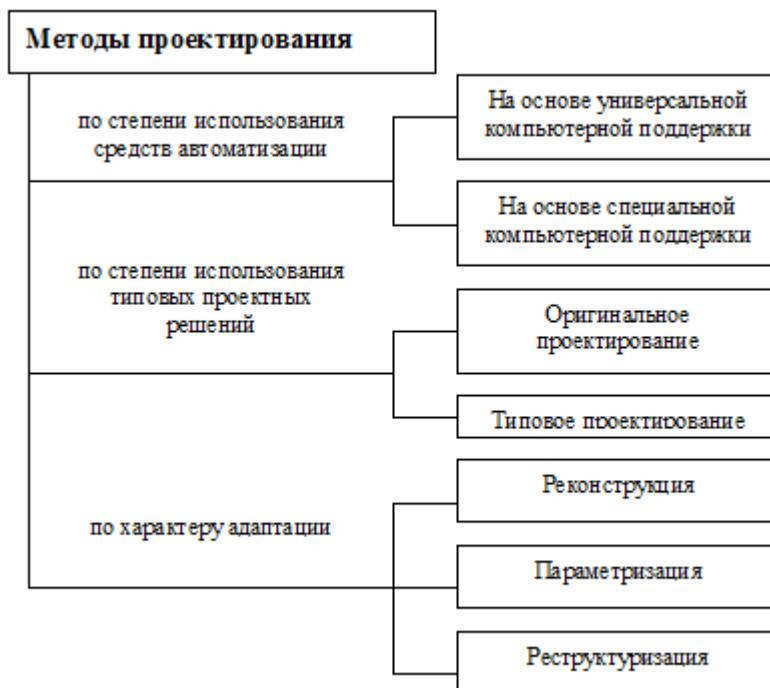
САПР относятся к системам САЕ. Примерами могут служить программы логического проектирования на базе языка VHDL, математические пакеты типа MathCAD.

4. Комплексные (интегрированные) САПР, состоящие из совокупности подсистем предыдущих видов. Характерными примерами комплексных САПР являются САЕ/CAD/CAM-системы в машиностроении или САПР БИС. Так, САПР БИС включает в себя СУБД и подсистемы проектирования компонентов, принципиальных, логических и функциональных схем, топологии кристаллов, тестов для проверки годности изделий. Для управления столь сложными системами применяют специализированные системные среды.

4. Проектирование СХМ с использованием ЭВМ. Особенности проектирования СХМ с использованием ЭВМ. Выбор оптимальной конструктивной схемы и параметров проектируемой машины.

Организация проектирования предполагает определение методов взаимодействия проектировщиков между собой и с заказчиком в процессе создания проекта ЭИС, которые могут также поддерживаться набором специфических средств.

Метод – процедура или техника генерации описаний компонентов ИС.



Так, по степени автоматизации методы проектирования разделяются на методы:

- ручного проектирования, при котором проектирование компонентов ЭИС осуществляется без использования специальных инструментальных программных средств, а программирование - на алгоритмических языках;

- компьютерного проектирования, которое производит генерацию или конфигурацию (настройку) проектных решений на основе использования специальных инструментальных программных средств.

По степени использования типовых проектных решений различают следующие методы проектирования:

- оригинального (индивидуального) проектирования, когда проектные решения разрабатываются «с нуля» в соответствии с требованиями к ЭИС, характеризуется тем, что все виды проектных работ ориентированы на создание индивидуальных для каждого объекта проектов, которые в максимальной степени отражают все его особенности;
- типового проектирования, предполагающего конфигурацию ЭИС из готовых типовых проектных решений (программных модулей), выполняется на основе опыта, полученного при разработке индивидуальных проектов. Типовые проекты как обобщение опыта для некоторых групп организационно-экономических систем или видов работ в каждом конкретном случае связаны со множеством специфических особенностей и различаются по степени охвата функций управления, выполняемым работам и разрабатываемой проектной документации.

По степени адаптивности проектных решений методы проектирования классифицируются на методы:

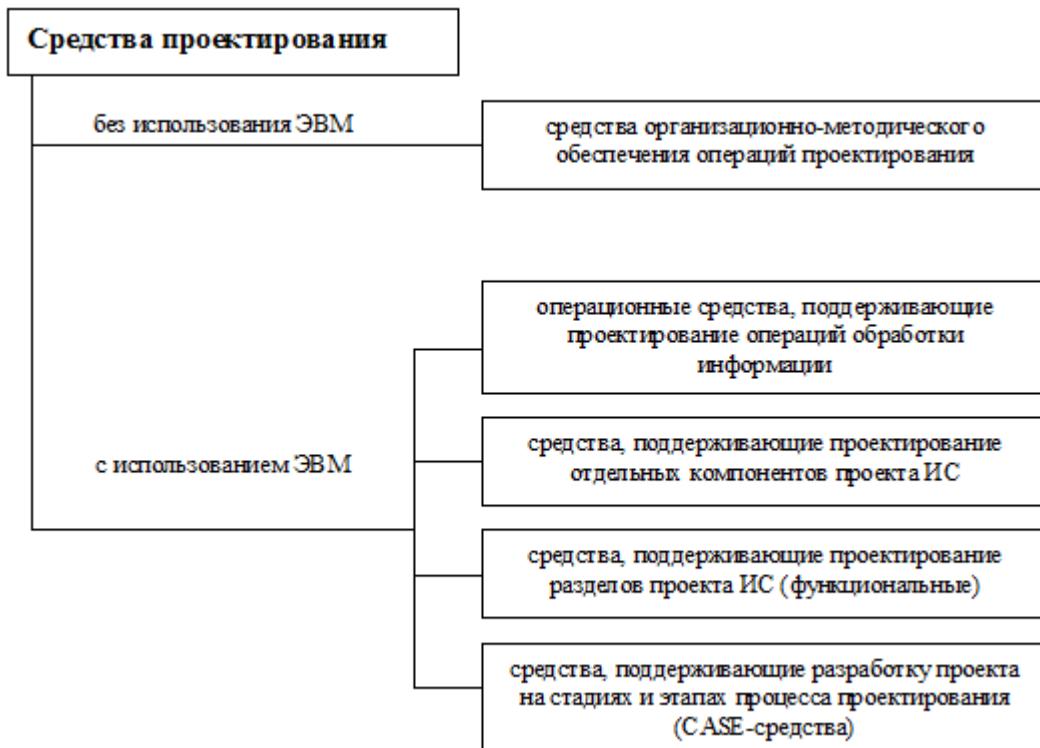
- реконструкции, когда адаптация проектных решений выполняется путем переработки соответствующих компонентов (перепрограммирования программных модулей);
- параметризации, когда проектные решения настраиваются (перегенерируются) в соответствии с изменяемыми параметрами;
- реструктуризации модели, когда изменяется модель проблемной области, на основе которой автоматически перегенерируются проектные решения.

Для конкретных видов технологий проектирования свойственно применение определенных средств разработки ЭИС, которые поддерживают выполнение как отдельных проектных работ, этапов, так и их совокупностей. Поэтому перед разработчиками ЭИС, как правило, стоит задача выбора средств проектирования, которые по своим характеристикам в наибольшей степени соответствуют требованиям конкретного предприятия.

Средства проектирования должны быть:

- охватывать в совокупности все этапы жизненного цикла ЭИС;
- технически, программно и информационно совместимыми;
- простыми в освоении и применении;

экономически целесообразными.



### Классификация средств проектирования

Средства проектирования без использования ЭВМ применяются на всех стадиях и этапах проектирования ЭИС. Как правило, это средства организационно-методического обеспечения операций проектирования и в первую очередь различные стандарты, регламентирующие процесс проектирования систем, единая система классификации и кодирования информации, унифицированная система документации, модели описания и анализа потоков информации и т.п.

Средства проектирования с использованием ЭВМ могут применяться как на отдельных, так и на всех стадиях и этапах процесса проектирования ЭИС и соответственно поддерживают разработку элементов проекта системы, разделов проекта системы, проекта системы в целом. Все множество средств проектирования с использованием ЭВМ делят на четыре подкласса.

1. относятся операционные средства, поддерживающие проектирование операций обработки информации. К данному подклассу средств относятся:

- алгоритмические языки;
- библиотеки стандартных подпрограмм и классов объектов;
- макрогенераторы, генераторы программ типовых операций обработки данных;
- средства расширения функций операционных систем (утилиты);

простейшие инструментальные средства проектирования (тестирования и отладки программ, поддержки процесса документирования проекта и т.п.).

Особенность последних программ заключается в том, что с их помощью повышается производительность труда проектировщиков, но не разрабатывается законченное проектное решение. Таким образом, средства данного подкласса поддерживают отдельные операции проектирования ЭИС и могут применяться независимо друг от друга.

2. относят средства, поддерживающие проектирование отдельных компонентов проекта ЭИС. К данному подклассу относятся средства общесистемного назначения:

- системы управления базами данными (СУБД);
- методоориентированные пакеты прикладных программ (решение задач дискретного программирования, математической статистики и т.п.);
- табличные процессоры;
- статистические ППП;
- оболочки экспертных систем;
- графические редакторы;
- текстовые редакторы;
- интегрированные ППП (интерактивная среда с встроенными диалоговыми возможностями, позволяющая интегрировать вышеперечисленные программные средства).

Для перечисленных средств проектирования характерно их использование для разработки технологических подсистем ЭИС: ввода информации, организации хранения и доступа к данным, вычислений, анализа и отображения данных, принятия решений.

3. относятся средства, поддерживающие проектирование разделов проекта ЭИС. В этом подклассе выделяют функциональные средства проектирования. К функциональным средствам проектирования систем обработки информации относятся типовые проектные решения, функциональные пакеты прикладных программ, типовые проекты.

Функциональные средства направлены на разработку автоматизированных систем, реализующих функции, комплексы задач и задачи управления. Разнообразие предметных областей порождает многообразие средств данного подкласса, ориентированных на тип организационной системы (промышленная, непромышленная сферы), уровень управления (например, предприятие, цех, отдел, участок, рабочее место), функцию управления (планирование, учет и т.п.).

4. относятся средства, поддерживающие разработку проекта на стадиях и этапах процесса проектирования. К данному классу относится подкласс средств автоматизации

проектирования ЭИС (CASE-средства). Современные CASE-средства, в свою очередь, классифицируются в основном по двум признакам:

- 1) по охватываемым этапам процесса разработки ЭИС;
- 2) по степени интегрированности: отдельные локальные средства (tools), набор неинтегрированных средств, охватывающих большинство этапов разработки ЭИС (toolkit) и полностью интегрированные средства, связанные общей базой проектных данных - репозиторием (workbench).

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### **2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).**

**Тема:** «Изучение физико-механических свойств почвы»

**2.1.1 Цель работы:** Освоить методику и определить значения коэффициентов трения различных сельскохозяйственных материалов.

#### **2.1.2 Задачи работы:**

1. Ознакомиться с конструкцией прибора академика В.А. Желиговского.
2. Определить коэффициенты трения различных сельскохозяйственных материалов.

#### **2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Прибор академика В.А. Желиговского.
2. Образцы различных материалов.

#### **2.1.4 Описание (ход) работы:**

Ознакомление с конструкцией прибора проводится под руководством преподавателя.

Принцип работы прибора академика Желиговского В.А. (рис. 1) состоит в том, что на горизонтальной плоскости устанавливается (под произвольным углом  $\alpha$  к направляющей) линейка. При этом между направлением движения  $V$  и нормалью  $N$  к линейке образуется угол  $\epsilon$ , который приобретает строго определенное значение в зависимости от значения угла  $\alpha$ , поскольку

$$\epsilon + \alpha = 90^\circ.$$

Если на этой же горизонтальной плоскости ввести в контакт с линейкой какое-либо тело и начать перемещать линейку так, чтобы она оставалась параллельна своему первоначальному положению (к направляющей), то со стороны линейки на тело возникает нормальное давление  $N$ . При значениях угла  $90^\circ > \alpha > 0^\circ$  сила  $N$  дает составляющие  $T$  и  $P$

$$(N=T+P)$$

Касательная составляющая стремится вызвать относительное перемещение тела по линейке. Этому перемещению будет препятствовать сила трения  $F$ , возникающая в плоскости контакта тела с линейкой. Величина касательной составляющей

$$T = N * \operatorname{tg} \epsilon,$$

а предельное значение силы трения

$$F_{\text{пр}} = N * \operatorname{tg} \phi.$$

Поэтому при значениях  $\epsilon \leq \phi$  и  $T \leq F_{\text{пр}}$  относительного перемещения тела по линейке не наступит, тело и линейка будут перемещаться как одно целое вместе с линейкой по направлению скорости  $V$ . Такой случай ( $\epsilon \leq \phi$ ) для определения коэффициента трения непригоден.

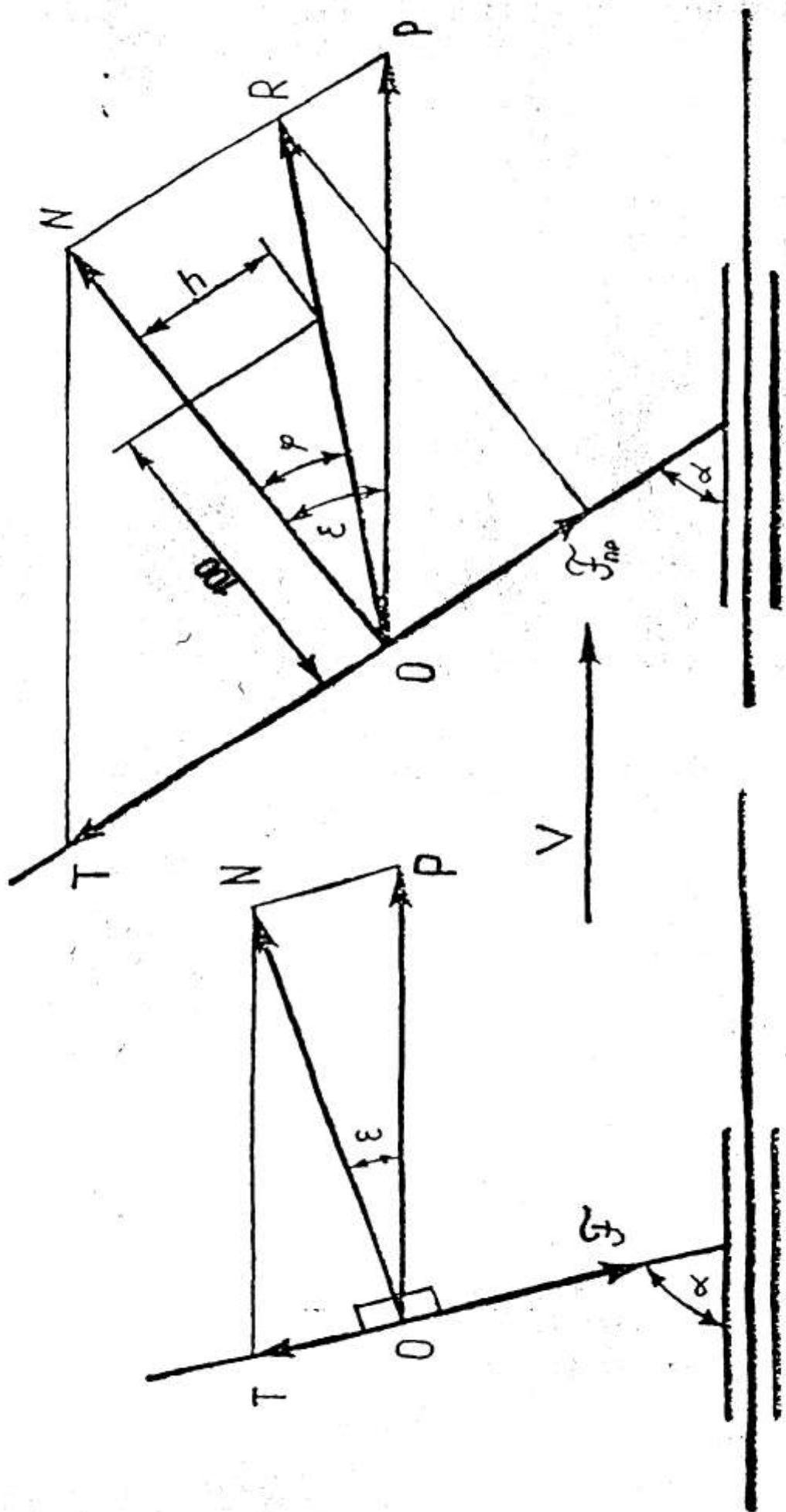


Рис.1. Принципиальная схема прибора

Рис.2. Силовая схема прибора

В том случае, когда  $\varepsilon > \varphi$ ;  $T > F_{\text{пр}}$  поэтому наступит относительное движение тела по линейке. Абсолютная траектория движения тела на плоскости определится направлением действия результирующей силы  $R$  (рис. 2), которая складывается из сил  $N$  и  $F_{\text{пр}}$  т.е.

$$R = N + F_{\text{пр}}$$

Из треугольника ORN имеем

$$NR/ON = \tan \angle NOR.$$

Но так как

$$NR/ON = F_{\text{пр}}/N = \tan \varphi,$$

значит  $NOR = \varphi$

Следовательно, при  $\varepsilon > \varphi$  тело будет перемещаться по направлению  $R$ , отклоненному от нормали в сторону скорости  $V$  на угол  $\varphi$ , где  $\varphi$  - угол трения тела по линейке. Таким образом, если на горизонтальной плоскости закрепить лист бумаги, а тело снабдить карандашом, то на бумаге будет оставаться след, т.е. линия действия результирующей силы. Восстановив нормаль к линейке так, чтобы она пересекала линию действия равнодействующей силы, между ними получим угол  $\varphi$ . Если, например, на нормали отложить 100 мм и восстановить перпендикуляр до пересечения с результирующей  $R$ , то катет  $h$ , разделенный на 100, даст значение коэффициента трения данной трущейся пары (тело-линейка), а именно

$$h/100 = \tan \varphi$$

Для определения коэффициента трения в каждом случае необходимо один из испытуемой пары материалов прикрепить к линейке (обычно струбцинками), а другой к каретке.

Результаты экспериментов занести в таблицу 1

ТАБЛИЦА 1

Испытуемая пара материалов	Значения коэффициента трения							Диспер- сия, $S_x^2$	Ср квадр. откло- нение. $S_x$	Коэф. вариа- ции, $V, \%$				
	Номер опыта													
	1	2	3	4	5	6	7							

$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  - среднее арифметическое значение, где  $n$  - число опытов,  $i$  - номер опыта,  $x$  - значение коэффициента трения в опыте.

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad \text{-- дисперсия}$$

$s_x = \sqrt{s_x^2}$  - среднее квадратическое отклонение.

$V = s_x / \bar{x} * 100\%$  -- коэффициент вариации.

Выводы:

## **2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).**

**Тема:** «Общие принципы построения цилиндроидальных поверхностей плужных корпусов»

**2.2.1 Цель работы:** Освоить методику профилирования рабочей поверхности корпуса плуга, построения ее поперечно- и продольно-вертикальных и горизонтальной проекций, а также определения ее основных характеристик (ширины захвата, глубины обработки, высоты рабочей поверхности углов  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \Delta$ ).

### **2.2.2 Задачи работы:**

1. Снять координаты рабочей поверхности корпуса.
2. Вычертить три ее проекции: поперечно-вертикальную, горизонтальную и продольно-вертикальную.
3. Определить основные характеристики исследуемой рабочей поверхности корпуса плуга.

### **2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Профиломер.
2. Корпус плуга.
3. Транспортир.
4. Чертежные принадлежности.

### **2.2.4 Описание (ход) работы:**

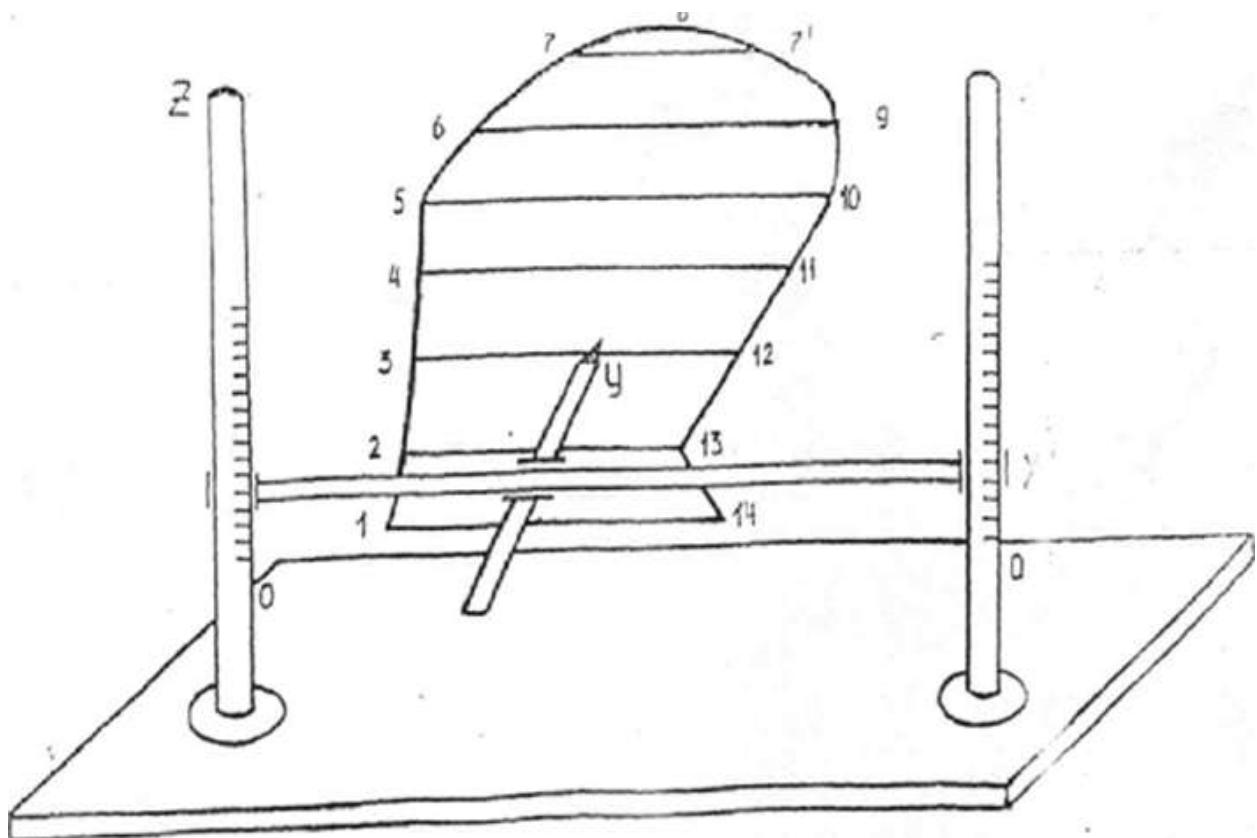
На платформу установить исследуемый корпус плуга (рис. 1) так, чтобы линия лезвия лемеха 1-14 находилась выше нулевой отметки по шкале Z, либо совпадала с ней, а линия полевого обреза 1-5 должна располагаться в вертикальной плоскости, параллельной оси X.

Корпус плуга должен быть расположен на платформе профиломера таким образом, чтобы крыло отвала 9-13 не пересекало ось X и находилось бы от нее на некотором удалении.

На рабочей поверхности корпуса плуга отмечаем характерные точки (точки стыка и точки перегиба):

- Т. 1 - носок лемеха (стык линии лезвия лемеха 1-14 и полевого обреза корпуса 1-5);
- Т.2 - стык лемеха с отвалом по линии полевого обреза корпуса 1-5;
- Т.5 - стык линий полевого 1-5 и верхнего 5-10 обрезов корпуса;
- Т.8 - самую верхнюю точку верхнего обреза корпуса 5-10;
- Т.9 - стык верхнего 5-9 и бороздового 9-13 обрезов отвала;
- Т. 13 - стык отвала с лемехом по линии бороздового обреза корпуса 11-13-14;
- Т. 14 - пятка лемеха.

Для точности профилирования рабочей поверхности между указанными точками выделяем дополнительные точки таким образом, чтобы линия полевого обреза корпуса 1-5 была равномерно разделена примерно на равные отрезки. Через дополнительные точки 3,4. строим образующие, параллельные линии лезвия лемеха 1-14. Противоположные концы образующих нумеруем. Таким образом рабочая поверхность корпуса плуга подготовлена нами к профилированию. Далее с помощью профиломера снимаем координаты отмеченных на рабочей поверхности точек по осям X, Y и Z и записываем их в таблицу 1.



КООРДИНАТЫ ТОЧЕК РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА ПЛУГА

ТАБЛИЦА 1

N точки координаты	1	2	3	4	5	6	7	7'	8	9	10	11	12	13	14
X, мм															
Y, мм															
Z, мм															

По координатам точек, представленных в таблице 1, строим три проекции рабочей поверхности корпуса плуга на отдельном листе в масштабе 1:5 (Рис.2), приняв

координаты первой точки за 0. Значения координат других точек определяются по разности координат точки в таблице 1 и координаты первой точки по данной шкале, принятой за 0.

Из построения на горизонтальной проекции (IV квадрант) определяем координаты левых (1,2,7) и правых (14,13,7') точек соответствующих образующих, указанных в табл 1, а также начальное уо, минимальное  $y_{min}$  и максимальное  $y_{max}$  значения угла образующей со стенкой борозды (осью x). Найденные значения записываем в таблицу 2.

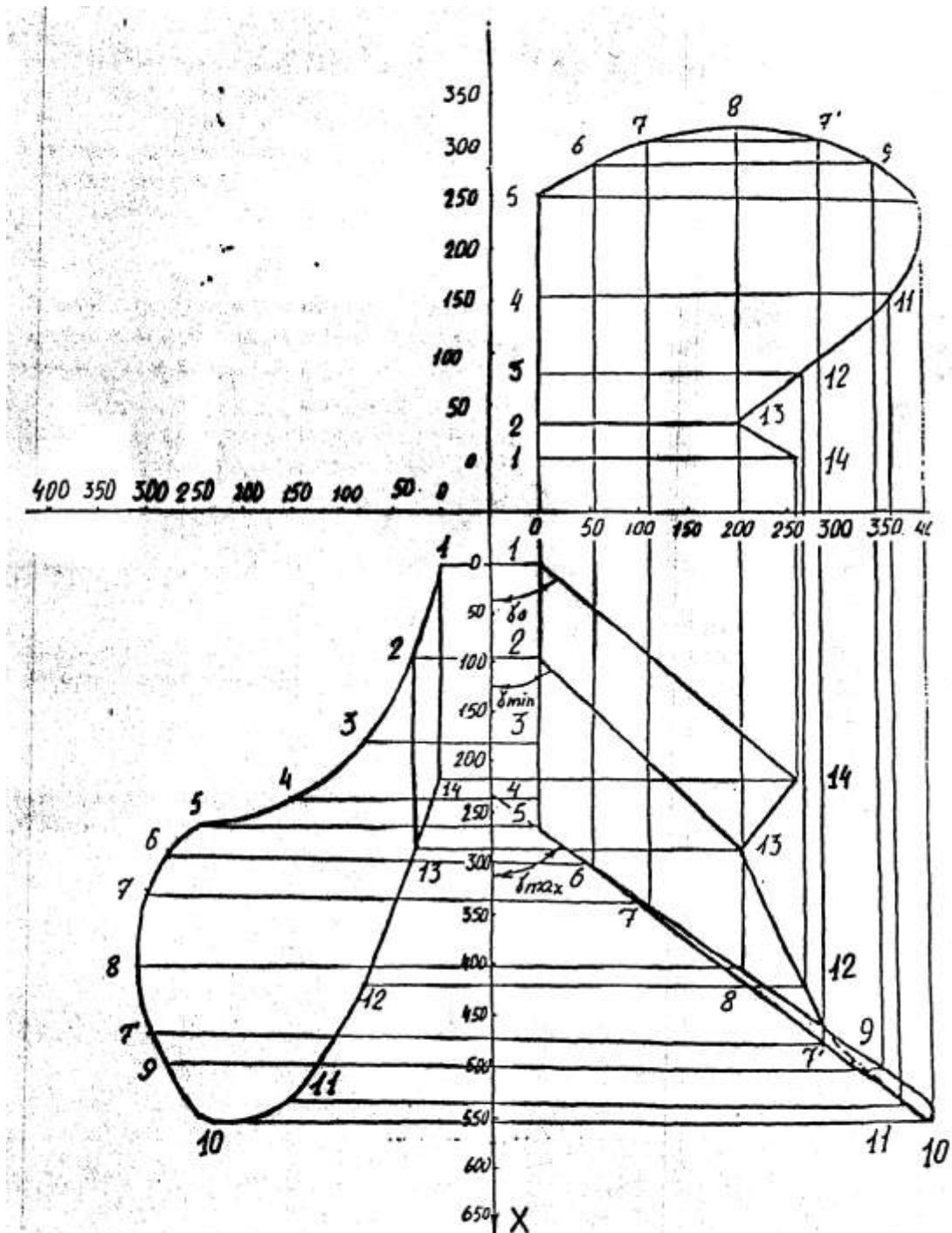


Рис.2.Проекции рабочей поверхности корпуса плуга

## КООРДИНАТЫ КРАЙНИХ ТОЧЕК РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ ПРЯМОЙ НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

ТАБЛИЦА 2

Положения образующей прямой	Координаты					Угол $\gamma$ , град.	
	левая			правая			
	X, мм	Y, мм	Z, мм	X, мм	Y, мм		
1. Нулевое положение (совпадает с линией лезвия лемеха 1-14)						$\gamma_0 =$	
2. В стыке лемеха с отвалом 2-13						$\gamma_{\min} =$	
3. Самая верхняя образующая 7-7'						$\gamma_{\max} =$	

Сравнивая полученные значения углов  $\gamma_0$ ,  $\gamma_{\min}$ ,  $\gamma_{\max}$  со стандартными (см. указанную литературу) для различных типов поверхностей, делаем заключение, что исследуемая рабочая поверхность относится к: полувинтовой, культурной, скоростной, цилиндрической (нужное подчеркнуть).

На поперечно-вертикальной проекции (1-квадрант, лобовой контур) строятся кривые для определения угла ( $\beta$  в различных сечениях рабочей поверхности. Заданное расстояние между секущими поперечно-вертикальными плоскостями

$$\Delta X = 100 \text{ мм.}$$

Во втором квадранте по найденным значениям тангенсов углов образующей со стенкой борозды ( $\gamma_0, \gamma_{\min}, \gamma_{3-12}, \gamma_{4-11}, \gamma_{5-10}, \gamma_{6-9}, \gamma_{7-7}$ ) необходимо построить кривую изменения угла  $\gamma$  в зависимости от высоты расположения образующей на рабочей поверхности Z.

На продольно-вертикальной проекции строятся кривые для определения угла  $\alpha$ . Заданное расстояние между секущими продольно-вертикальными плоскостями

$$\Delta Y = 100 \text{ мм.}$$

Из построения получаем:

1. Угол наклона отваленного пласта с горизонтом  $\delta = \dots$  град.
2. Угол оборота пласта:  $\Delta = 180^\circ - \delta =$
3. Ширина захвата корпуса  $b = \dots$  мм.
4. Предельно возможная глубина пахоты  $a_{\text{пред}} = 0,8b = ..\text{мм.}$
5. Наибольшая разность  $\Delta \alpha \dots$  град, в первом продольно-вертикальном сечении для определения угла  $\alpha$ .

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Исследуемая рабочая поверхность предназначена для отвальной обработки почвы на глубину  $a = \dots$  мм с шириной захвата  $b = \dots$  мм, при, максимальной высоте поверхности  $H = \dots \dots$  мм и производит при этом крошение и .....оборачивание.

## **2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).**

**Тема:** «Теоретические основы процесса вспашки»

**2.3.1 Цель работы:** Получение практических навыков по выбору типа плуга и его применению для обработки почвы.

### **2.3.2 Задачи работы:**

1. Приобретение студентами умения выполнять работы по настройке и регулировке плуга на требуемую глубину вспашки.

### **2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Корпуса серийных плугов общего назначения.
2. Плуг ПЛН-3-35.
3. Линейка, транспортир.
4. Комплект ключей и инструментов.
5. Учебные плакаты.

### **2.3.4 Описание (ход) работы:**

1. Определение типа рабочей поверхности корпуса плуга по характеру развития углов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ . От развития угла  $\alpha$  зависит интенсивность крошения пласта. Угол  $\alpha$  представляет собой угол между дном борозды и касательной к поверхности отвала (см. рис. 1а), измеряется этот угол в плоскостях, параллельных стенке борозды (по левому обрезу корпуса плуга). Степень сдвига пласта в сторону характеризуется развитием угла  $\gamma$ , который измеряется в плоскостях, параллельных дну борозды, и представляет собой угол между стенкой борозды (полевым обрезом) и образующей отвальной поверхности (см. рис. 1б). Развитие угла  $\beta$  характеризует степень оборачиваемости пласта отвальной поверхности. Угол  $\beta$  измеряется в плоскостях, перпендикулярных стенке борозды и дну борозды, и представляет собой угол между дном борозды и касательной к поверхности отвала (см. рис. 3 в), расположенной на вышеуказанной плоскости.

Параметры рабочей поверхности корпусов плугов по характеру развития углов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  представлены в табл1. При измерении углов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  необходимо пользоваться узкой длинной линейкой и транспортиром. При измерении угла  $\alpha$  в плоскости полевого обреза линейка, как касательная, прикладывается к поверхности отвала в указанной выше плоскости, при этом конец линейки должен опираться на опорную поверхность корпуса плуга. Угол этот измеряется транспортиром. Таким же способом измеряется угол  $\beta$  но в своей плоскости (линейку можно прикладывать и к тыльной стороне отвальной поверхности). При измерении угла  $\gamma$  линейка прикладывается по образующей отвальной поверхности и при помощи отвесов ее положение проецируется на опорную поверхность, где транспортиром и измеряется угол  $\gamma$ .

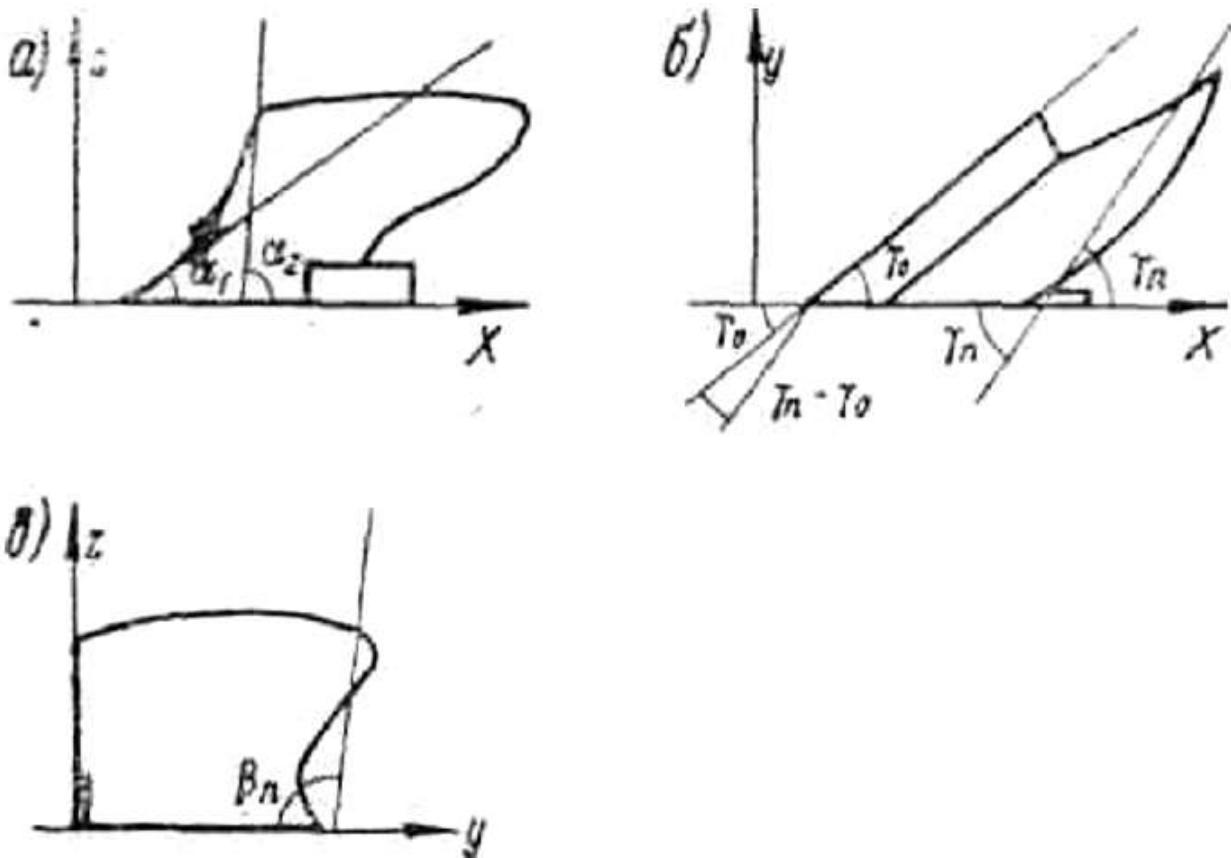


Рис.1 – Определение углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  у корпусов с горизонтальными образующими отвальной поверхности

Таблица 1

Угловая характеристика отвалов с горизонтальными образующими

Тип отвала	Значения углов, град		
	Угол наклона лемеха к дну борозды, $\alpha$	Угол постановки крыла отвала к стенке борозды, $\gamma$	Угол наклона образующей на крыле отвала к стенке борозды, $\beta$
Цилиндрический	20-25	42-45	42-45
Культурный	18-22	40-42	42-47
Полувинтовой	16-20	37-40	42-50
Винтовой	14-18	32-37	-

Для общей оценки рабочей поверхности отвала необходимо сделать минимум по два измерения углов  $\alpha$  и  $\gamma$  и одно измерение угла  $\beta$  (см. рис. 3). Угол  $\alpha$  измеряется у поверхности дна борозды и в верхней точке на плоскости полевого обреза; угол  $\gamma$  измеряется в плоскости дна борозды и на крыле отвала; угол  $\beta$  измеряется на конце крыла отвала.

Результаты измерений углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  в разных частях исследуемых отвалов заносятся в табл. 2. Составленные угловые характеристики отвалов позволяют путем сравнения с данными табл. 1 определить тип рабочей поверхности корпуса плуга.

Затем необходимо измерить ширину захвата  $b$  у представленных корпусов плугов.

Данные измерений также заносятся в табл. 2.

Таблица 2

Параметры рабочей поверхности исследуемых корпусов плугов

№ п/п	Тип Отвала	Значения углов, град			Ширина за хва- та, $b$ , м
		Угол на- клона лемеха к дну борозды, $\alpha$	Угол постановки крыла отвала к стенке борозды, $\gamma$	Угол наклона обра- зующей на крыле от- вала к стенке бороз- ды, $\beta$	
1					
2					
3					
4					

2. Определение скорости вспашки в зависимости от параметров рабочей поверхности корпуса плуга. Скорости вспашки оказывает значительное влияние на качество работы плуга. Так, например, плуги общего назначения, снабженные отвалами культурного типа, предназначены для вспашки старопахотных почв при скорости движения агрегата до 4 - 5 км/ч. С учетом этой скорости движения и запроектирована рабочая поверхность отвала культурного типа.

Снижение скоростей вспашки до значений ниже рекомендуемых неизбежно приведет к недовалу пласта, т. е. к браку в работе плуга. При повышении скорости вспашки до 7 км/ч наблюдается некоторое улучшение качества работы плуга (почва лучше крошится, уменьшается гребнистость пашни, увеличивается степень заделки растительности). Одновременно несколько увеличивается тяговое сопротивление плуга.

Дальнейшее увеличение скорости вспашки приводит к ухудшению качества работы плуга: почва сильно отбрасывается в сторону, при этом излишне крошится и распыляется.

Ход плуга и трактора становится неустойчивым, вследствие чего борозда получается неправильной формы, а тяговое сопротивление плуга резко возрастает.

Для изучения работы корпуса плуга проводится определение скорости вспашки в зависимости от параметров лемешно-отвальной поверхности.

Исходные данные для выполнения расчетов принимаются по табл. 2 и 3 в соответствии с вариантом, указанным преподавателем.

Номера Варианта	Параметры расчета		
	Глубина обработки почвы $a$ , м	Коэффициент усад- ки почвы, $v$	Коэффициент пре- дела устойчивости пласта $K = b/a$
1	28	0,6	
2	24	0,7	
3	18	0,85	
4	15	1,0	

Для обеспечения устойчивости отваленного пласта должно быть

$$K = b/a > 1,27. \quad (1)$$

На основании данных табл. 2 и 3 для соответствующего варианта условий работы и параметров лемешно-отвальной поверхности плуга определить скорость вспашки по формуле

$$v = \frac{K^2 - 1}{K v \sin \gamma} \sqrt{\frac{bg}{2(k^2 - \sqrt{k^2 - 1})}}, \quad (2)$$

где  $v$  — скорость вспашки, м/с;  $K$  - отношение ширины захвата корпуса  $b$  к глубине обработки почвы  $a$ ;  $v$  - коэффициент усадки, зависящий от условий вспашки и связанный с физико-механическими свойствами почвы и с формой лемешно-отвальной поверхности (задается, см. табл. 3);  $\gamma$  - угол постановки крыла отвала к стенке борозды, рад, (измеряется, см. табл. 2);  $b$  - ширина захвата корпуса, м (измеряется, см. табл. 2).

При выполнении работы руководствоваться правилами общей инструкции по технике безопасности при проведении работ в лабораториях кафедры «МТП в АПК».

## **2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).**

**Тема:** «Определение рабочего объема высевающей катушки сеялки»

**2.4.1 Цель работы:** Изучить рабочий процесс высева семян катушечным высевающим аппаратом и определить приведенную толщину активного слоя семян.

### **2.4.2 Задачи работы:**

1. Определить рабочий объем семян, высеваемых катушкой  $V_0$ .
2. Определить объем семян, высеваемых желобками катушек  $V_{ж}$ .
3. Определить объем семян, высеваемых аппаратом за счет активного слоя семян  $V_a$ .
4. Определить приведенную толщину активного слоя семян  $t_{пр}$ .
5. Определить неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами  $\eta$ .

### **2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Лабораторная сеялка.
2. Весы, литровая емкость, нутромер, штангенциркуль, линейка, секундомер.
3. Ключи гаечные.

### **2.4.4 Описание (ход) работы:**

Катушечный высевающий аппарат применяется на сеялках для высева семян зерновых, бобовых, крупяных, технических и овощных культур.

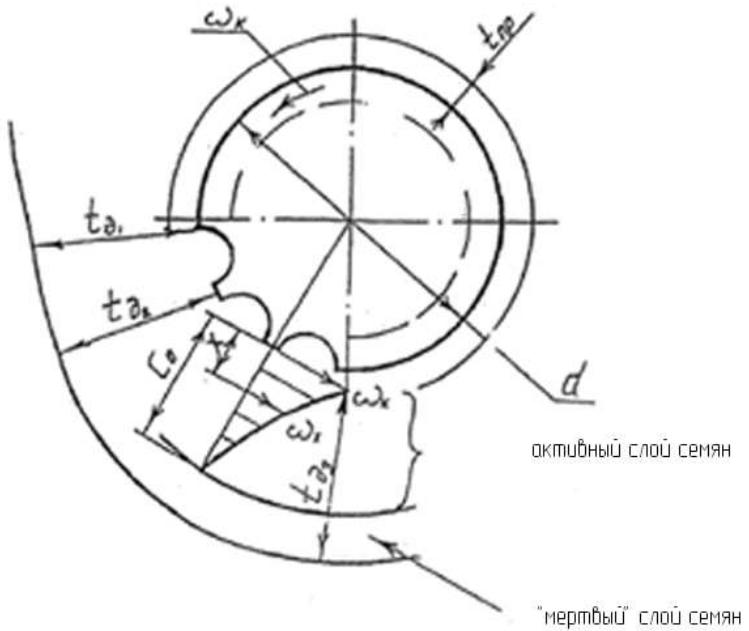
Рабочей частью высевающего аппарата является желобчатая катушка, устанавливаемая на валике в литом или штампованным корпусе.

Вращающаяся желобчатая катушка перемещает к выходу из высевающего аппарата не только семена, попавшие в желобки, но и слой прилегающих к ним семян, так называемый активный (движущийся) слой.

Определим рабочий объем семян, высеваемых катушкой высевающего аппарата за один ее оборот  $V_0$ .

С этой целью:

- 1.1 Объемную массу семян у подобрать в соответствии с заданной культурой.
- 1.2 Установить и замерить нутромером вылет катушек  $L$  исследуемых пяти высевающих аппаратов. Аппараты пронумеровать.
- 1.3 Под исследуемые аппараты установить пронумерованные емкости для сбора высеваемых семян.
- 1.4 Сделать  $n$  оборотов вала высевающих аппаратов со скоростью равной скорости движения агрегата на посеве ( $6\dots7$  км/ч)
- 1.5 Отдельно по номерам аппаратов взвесить зерно, попавшее в емкости за  $n$  оборотов вала  $Q_i$ . Результаты записать в таблицу.



1.6 Пользуясь выражением:

$$V_{0i} = \frac{Q_i}{n \times i \times y}$$

определить объем зерна, высеваемого катушкой за один оборот, где  $i$  в числителе -номер высевающего аппарата,  $i$  в знаменателе — передаточное число. Расчет провести для всех 5 исследуемых аппаратов. Результаты записать в таблицу.

2. Определить объем семян, высеваемых катушкой за счет заполнения желобков

$$V_x = z f L \beta \quad V_x =$$

где  $\beta$  - коэффициент заполнения желобков  $\beta = 0.7...0.9$ , чем мельче семена, тем он выше.

3. Определить объем семян, высеваемых аппаратом за счет активного слоя

$$V_{ai} = V_{0i} \cdot V_x$$

4. Определить условную приведенную толщину активного слоя семян

$$t_{\text{ппи}} = \frac{V_{0i}}{\pi * d * L}$$

Условной она названа потому, что определяется из условия, что все семена активного слоя двигаются со скоростью, равной скорости катушки. На самом же деле скорость движения семян по толщине активного слоя непостоянна, снижается по параболическому закону по мере удаления от ребер желобков катушки. Поэтому фактическая толщина  $t_{\text{факт}}$  активного слоя определяется из выражения

$$t_{\text{фпри}} = t_{\text{при}} * (m + 1);$$

где  $m$  - показатель параболы, определяемый опытным путем.

5. Определить неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами.

5.1. Определить средний высев пятью высевающими аппаратами

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5}{5} =$$

5.2 Определить отклонение высева каждого аппарата от среднего значения

$$\Delta Q_i = Q - Q_i$$

где  $i$  - номер высевающего аппарата

5.3. Определить процент неравномерности высева отдельными высевающими аппаратами

$$\eta_i = (\Delta Q_i / Q) * 100\%$$

Результаты расчетов занести в таблицу.

При неравномерности выше 4% аппараты регулируют смещением семенных коробок относительно катушек. Необходимо дать заключение по аппаратам: в какую сторону смещать семенную коробку, и у каких аппаратов.

ТАБЛИЦА

№ выс- ев. апп- а- рата	Масса семян за 10 оборотов вала $Q_i$ , г	Объем семян, высеян- ных ка- тушкой за 1 оборот $V_o$ , см <sup>3</sup>	Объем семян высе- янных желоб- ками $V_j$ , см <sup>3</sup>	Объем семян высе- янных актив- ным слоем $V_a$ , см <sup>3</sup>	Приведенная толщина активного слоя		Сред- ний высев $Q$ , гр	Откло- нение от ср. высева $\Delta Q$ , гр	% нерав- номерно- сти высева $\eta$
					условная $t_{\text{при}}$ , см	фактическая $t_{\text{фпри}}$ , см			
1									
2									
3									
4									
5									

Заключение:

## **2.5 Лабораторная работа №5,6 (4 часа).**

**Тема:** «Исследование работы центробежного тукового разбрасывателя»

**2.5.1 Цель работы:** Исследовать работу туковысыевающего аппарата и определить его эксплуатационные параметры.

### **2.5.2 Задачи работы:**

1. Количество обрабатываемых рядков ( $K$ ):
  - 1.1. Число бункеров ( $z$ );
  - 1.2. Число выходных окон ( $z'$ );
  - 1.3. Ширину полосы, приходящейся на один тукопровод ( $b'$ ), м
2. Определить (экспериментально) высев ( $q$ ) за один оборот диска аппарата для всех пяти положений рычага регулятора нормы внесения удобрений и построить график зависимости высева от положения рычага регулятора.
3. Определить положение рычага регулятора для заданной нормы внесения удобрений  $H$ .
4. Определить длину пути  $L$ , проходимого машиной (орудием) до полного высева удобрений из бункера при заданной норме  $H$ .
5. Определить неравномерность высева удобрений левого и правого тукопроводов.

### **2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Туковысыевающий аппарат.
2. Комплект ключей и инструментов.
3. Учебные плакаты.
4. Весы, литровая емкость, нутромер, штангенциркуль, линейка, секундомер.

### **2.5.4 Описание (ход) работы:**

1. Определяем величины  $K$ ; посев ( $B' = B$ ); культивация с подкормкой ( $B^4 = 0,5 \times B$ ).
2. Определение высева удобрений за 1 оборот диска проводится экспериментальным путем следующим образом.
  - 2.1. Засыпав удобрения в бункер, прокручивают диск аппарата (например,  $n = 1$  об.) поочередно на всех пяти положениях рычага регулятора. Определяют (путем взвешивания) высев через правое и левое окна бункера и диском в целом

$$(q_{\text{пр}}; q_{\text{лев}}; q_{\text{общ}})$$

- 2.3. Полученные экспериментальные и расчетные данные представить в виде таблицы 1.

- 2.4. Построить график зависимости  $q_{\text{пр}}; q_{\text{лев}}, q_{\text{общ}}$  от площади выходного окна  $F$  (см. рис.), которая определяется выражением

$$F = h t,$$

где  $h$  - высота заслонки ( $h=27$  мм);  $t$  - величина открытия заслонки (каждому делению соответствует 10 мм).

ТАБЛИЦА 1

Экспериментальные данные

Положение рычага регулятора (номера делений)	Площадь окна $F, \text{см}^2$	Высев за 1 оборот диска, кг.		
		$Q_{\text{пр}}$	$Q_{\text{лев}}$	$Q_{\text{общ}}$
1	$2.7 \times 1 = 2.7$			
2	$2.7 \times 2 = 5.4$			
3	$2.7 \times 3 = 8.1$			
4	$2.7 \times 4 = 10.8$			
5	$2.7 \times 5 = 13.5$			

3. Определение положения рычага регулятора для заданной нормы.

3.1. Определяем площадь, обрабатываемую за 1 оборот приводного колеса

$$S = B * \pi * D, \text{ м}^2; \quad S =$$

где  $B$  - ширина захвата машины (орудия), м

$$B = k * b; \quad B =$$

$D$  - диаметр приводного колеса, м

3.2. Число оборотов приводного колеса на гектар

$$n_k = 10000 / S, \text{ об/га}; \quad n_k =$$

3.3. Число оборотов диска аппарата на гектар

$$n = n_k * i, \text{ об/га}; \quad n =$$

3.4. Для заданной нормы высева  $H$  каждое выходное окно аппаратов должно пропустить удобрений:

$$Q_o = H / z, \text{ кг/га}, \quad Q_o =$$

3.5. При этом средний высев удобрений за 1 оборот диска составит

$$q = Q_o / n, \text{ кг/об}; \quad q =$$

3.6. С учетом скольжения приводных - колес фактический высев определится выражением

$$q_\phi = q * \delta, \text{ кг/об}; \quad q_\phi =$$

3.7. Пользуясь графиком (по п. 2. 4), определим положение рычага регулятора для заданной нормы внесения удобрений  $H$ .

4. Длина пути  $L$ , проходимого агрегатом до полного высева удобрений из бункера, определится по формуле

$$L = \frac{10^4 * V_o * \rho * \gamma}{H * 2 * b}; \quad L =$$

Здесь  $V_o$  - емкость бункера, м;  $\rho$  - коэффициент заполняемости;  $\gamma$ - объемная масса удобрений, кг/м;  $H$  - норма внесения удобрений на гектар, кг/га;  $b'$  - ширина полосы, приходящейся на один тукопровод, м.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Объемную массу удобрений определить опытным путем, взвешивая определенную порцию удобрений (например 0,5 литра с последующим пересчетом на 1 литр). Опыт провести трижды и взять среднее значение.

5. Неравномерность высева через левый и правый тукопроводы определяем следующим образом.

5.1. Определяем среднее значение высева для каждого положения регулятора

$$q_i = (q_{in} + q_{il}) / 2;$$

$$q_1 =$$

$$q_2 =$$

$$q_3 =$$

$$q_4 =$$

$$q_5 =$$

5.2. Определяем отклонение высева от среднего значения

$$\Delta q_i = q_i - \bar{q}_i ;$$

$$\Delta q_1 =$$

$$\Delta q_2 =$$

$$\Delta q_3 =$$

$$\Delta q_4 =$$

$$\Delta q_5 =$$

5.3. Определяем процент отклонения высева от среднего значения

$$\Delta \eta_i = (\Delta q_i / q_i) * 100\% ;$$

$$\eta_1 =$$

$$\eta_2 =$$

$$\eta_3 =$$

$$\eta_4 =$$

$$\eta_5 =$$

Данные расчета представить в виде таблицы.

Туковысевающие аппараты должны обеспечивать заданную норму высева удобрений и высокую равномерность распределения их по ширине захвата машины и по направлению ее движения.

Равномерность распределения удобрений по ширине захвата машины обеспечивается одинаковым высевом удобрений всеми высевающими аппаратами, а по

направлению движения - устойчивостью общего высева. Неравномерность высева между отдельными аппаратами допускается до 8%, а неустойчивость общего высева - до 6%.

ТАБЛИЦА 2

Расчетные данные

№ деления	q <sub>пр</sub> , кг	q <sub>лев</sub> , кг	q, кг	Δq, кг	η, %
1					
2					
3					
4					
5					

Анализируя полученные данные и сравнивая их с допустимыми отклонениями делаем вывод, что исследуемый туковысевающий аппарат...

## **2.6 Лабораторная работа №7 (2 часа).**

**Тема:** «Исследование работы машин для химзащиты растений»

**2.6.1 Цель работы:** Закрепить инженерные навыки в использовании теоретических знаний при рассмотрении и анализе конструкции аэрозольного генератора непрерывного действия. Усвоить основные физические идеи и конструктивные принципы, заложенные в рассматриваемой машине.

### **2.6.2 Задачи работы:**

1. Приобрести опыт обращения с находящимися в эксплуатации в сельском хозяйстве аэрозольными генераторами и усвоить концепции их применения.
2. Дать инженерно-экономический анализ предложенных к рассмотрению аэрозольных генераторов и определить эффективность их использования.
3. Рассмотреть возможные негативные явления при эксплуатации аэрозольных генераторов.

### **2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Лабораторный аэрозольный генератор ЛАГО (АГ-УД-2)
2. Комплект ключей и инструментов.
3. Учебные плакаты.

### **2.6.4 Описание (ход) работы:**

1. Изучение устройства лабораторной установки.

Устройство и принцип действия лабораторной установки приведены в пункте 5.1. Студенты находят указанные в описании элементы лабораторной установки, изучают их устройство и принцип действия.

2. Составление принципиальной схемы аэрозольного генератора непрерывного действия. Принципиальная схема должна отражать основное устройство и принцип действия аэрозольного генератора. Схематично обозначаются распылитель с аэрозольной трубой и трубкой для подвода рабочей жидкости (ядохимикатов), камера сгорания, смеситель, компрессор (вентилятор), подкачивающий воздушный насос, трубопроводы, бензопроводы и емкости с рабочей жидкостью и бензином. Стрелками указываются направления движения воздуха, бензина, рабочей жидкости и газов.

Принципиальная схема составляется с использованием условных обозначений согласно ГОСТ 2.721-74 и ГОСТ 2770-68 с указанием направления движения по трубопроводам. В подрисунковых подписях приводятся название схемы и перечень составных элементов. Схема помещается в отчет.

3. Выполнение экспериментальных исследований

- 3.1. Методика эксперимента.

Выполняются исследования зависимости термического КПД от атмосферного давления и давления, создаваемого компрессором:

$$\eta_t = f(P_k, P_0);$$

При этом давление за компрессором замеряется трубкой Пито. Атмосферное давление определяется по лабораторному барометру. По цепочке зависимостей (рис. 1) определяется термический КПД генератора.

Цепочка зависимостей по определению термического коэффициента полезного действия генератора-опрыскивателя непрерывного действия.

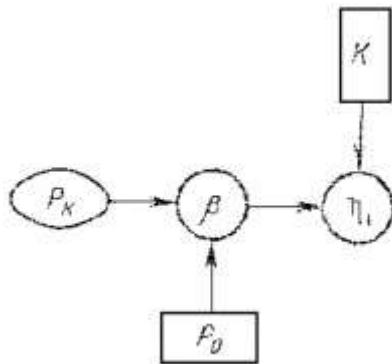


Рис. 1 – Цепочка зависимостей

Мощность тепловых потерь Нт.п. (Вт) отдельных элементов аэрозольного генератора непрерывного действия рассчитывается на основании закона Био-Фурье

$$N_{m.n.} = S\Lambda \frac{\Delta T}{\delta};$$

после предварительного определения площади поверхности  $S$  ( $\text{м}^2$ ) указанного элемента, толщины  $\delta$  (м) его стенки, определения материала стенки и коэффициента его теплопроводности  $\Lambda$  ( $\text{Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}$ ) и температурного градиента  $\Delta T$  ( $^\circ\text{C}$ ). Значения коэффициента теплопроводности для некоторых сталей приведены в табл. 1.

таблица 1

Марка сталей	$\Lambda, \text{Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}$		
	Температура, $^\circ\text{C}$		
	20	300	600
Углеродистые Стали	20	51,7	44,4
	У8	49,7	41,4
Низколегированные Стали	15ХМ	-	40,7
	30ХН3	35,2	37,0
Нержавеющие Хромистые	2Х13	24,3	26,3
	Х28	-	22,7
Высоколегированные и особые	Г13	-	18,0
	Р18	-	28,0
			27,2

Примечание. Хотя по общему правилу коэффициент теплопроводности у частых металлов; относительно чистых сталей с возрастанием температуры падает, а у сплавов

возрастает, тем не менее в практических расчетах следует применять его постоянным, экстраполируя табличные значения к среднему значению в измеренном интервале температурного градиента.

Успех операции по опылению ядовитым аэрозолем существенно зависит от погодных условий - температуры и влажности. Важно, чтобы образовавшиеся микрокапли тумана не слишком стремительно конденсировали влагу из окружающей среды и не оседали слишком быстро, но и не испарялись. И, в то же время, испарившаяся в струе газа рабочая жидкость после соприкосновения с окружающим воздухом, желательно, чтобы достаточно быстро вновь конденсировалась. При неблагоприятных погодных условиях жизнеспособность микрочастиц аэрозоля зависит от их размера. Будет капля испаряться или конденсировать влагу - зависит от давления паров на ее поверхности и, помимо прочего, от кривизны поверхности. Мелкие капли быстрее испаряются и гибнут, крупные — лучше конденсируют влагу. Слияние капель способствует нарастанию жидкой фазы. Теоретически возможно флюктуационное образование центров конденсации, практически этиими центрами служат микрочастицы пыли, дыма, кристаллики солей. Нарастание процесса конденсации эквивалентно выделению тепла - порой значительному - парниковый эффект тумана.

Минимальный размер зародышевых частиц тумана можно оценить из примерного равенства энергозатрат на испарение массы жидкости и энергозатрат на раздробление этой массы на аэрозольные микрочастицы.

Пренебрегая энергозатратами, связанными с явлениями термодинамического (и электрического) характера и энергией поступательного и вращательного движений и принимая во внимание исключительно приращение поверхностной энергии натяжения, следует оценить по рядок минимального диаметра  $d$  частиц аэрозольного тумана. В оценке исходить из того, что диаметр частиц одинаков.

Расчет производится исходя из следующих соотношений:

- масса рабочей жидкости  $m$  с плотностью  $\gamma$  занимает объем  $V$

$$V = \frac{m}{\gamma};$$

- микрообъем одной капли  $v$  диаметром  $d$

$$v = \frac{\pi}{6} d^3;$$

- число частиц  $N$ , полученных дроблением объема  $V$  на микрообъемы  $v$

$$N = \frac{V}{v} = \frac{6 \cdot m}{\pi \cdot d^3 \cdot \gamma};$$

- поверхность с одной (шаровой) капли диаметром  $d$

$$s = \pi d^2;$$

- суммарная поверхность  $S$  всех  $N$  капель состоит

$$S = Ns = 6 \frac{m}{\gamma \cdot d};$$

- энергия  $E$  поверхностного натяжения  $\sigma$  суммы всех капель

$$E = \sigma \cdot S = 6 \frac{m \cdot \sigma}{\gamma \cdot d};$$

- энергия (работа  $A$ ) по испарению массы  $m$

$$A = mr;$$

Примечание. Для химически чистой воды:

- удельная теплота парообразования  $r$

$$r = 2260 \text{ Дж/кг},$$

- сила поверхностного натяжения  $\sigma$

$$\sigma = 0,075 \text{ Н/м},$$

- плотность жидкости  $\gamma$

$$\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$$

Для рабочих жидкостей, содержащих различные ядохимикаты  $r$ ,  $\sigma$  и  $\gamma$  будут иными и их значения следует брать из справочников (или выдаются преподавателем).

Кроме температуры и влажности, для правильного использования аэрозольного генератора следует учитывать и прочие погодные условия - направление и силу ветра, характер воздушных течений на местности. Поэтому в процессе проведения лабораторной работы необходимо произвести хозяйствственно-экономический расчет использования аэрозольного генератора, исходя из соображений, что его производительность  $q$  пропорциональна эффективной ширине полосы захвата  $B$ , скорости движения  $V$  и норме расхода  $Q$  рабочей жидкости

$$q = \frac{BVQ}{1000};$$

- вывести формулу зависимости времени обработки  $t$  поля площадью  $S$  в зависимости от скорости передвижения генератора  $V$  и ширины полосы захвата

$$t = f(S, b, V);$$

- определить длину  $L$  технологического пути и скорость движения  $V$  аэрозольного генератора, обеспечивающие экономию рабочей жидкости и горючего

$$L = f(V, T);$$

Исходя из выражения, выбрать стратегию обработки лесопитомника. Исследовать, изменяется ли общее технологическое время  $t$  обработки поля площадью  $S$  в зависимости от различных стратегий применения аэрозольных генераторов. Установить, изменяя какие параметры аэрозольного генератора, можно уменьшить технологическое время обработки питомника. В расчетах принять;  $Q=0,002 \text{ л}/\text{м}^3$ ,  $q$  – определяется из паспортных данных конкретного типа генератора,  $B$  и  $V$  – варьируются в процессе исследований;

- обсудить правовые последствия несоблюдения правил техники безопасности обслуживающим персоналом, причины возможных инцидентов и меры их предупреждения.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

#### **3.1 Практическое занятие №1 (2 часа).**

**Тема:** «Расчет и анализ режущих аппаратов бесподпорного резания»

##### **3.1.1 Задание для работы:**

1. Рассчитать основные параметры дискового режущего аппарата.
2. Построить траектории движения ножа.

##### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Краткие сведения из теории.

Основной задачей при расчете ротационных косилок является определение минимальной скорости, необходимой для перезания растительного материала.

При бесподпорном срезе, кроме энергии, расходуемой непосредственно на разрушение материала стебля, энергия расходуется на его изгиб, трение стерни о нижнюю поверхность диска и на отбрасывание срезаемой части растений, поэтому энергоемкость ротационных косилок больше, чем косилок с возвратно-поступательным движением ножа. Для кошения с наименьшими потерями скорость резания должна быть равна или больше верхней минимальной, значения которой для различных культур приведены ниже:

Культура	Клевер	Люцерна	Костер	Пшеница, овес
$V_p$ , м/с	13	15	24	32

Сила перезания одного стебля определяется зависимостью:

$$P_C = f(V_p)$$

и выражается эмпирической формулой:

$$P_C = a + (b / V_p^C) \min (1)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  - коэффициенты, характеризующие физико-механические свойства материала.

Сопротивление и работа резания уменьшаются по мере увеличения скорости резания. Усилие на режущей фаске лезвия ножа складывается из двух составляющих: силы смятия, вызванной раздвиганием материала фасками лезвия, и усилия защемления в следствии изгиба стебля. На сопротивление резанию также влияет расположение фасок на режущей части ножа. Минимальная скорость резания при нижней заточке на 8-12% меньше, чем при верхней заточке лезвия.

При затуплении лезвия до 100-120 мкм удельная сила резания увеличивается на 12-18%.

Рассмотрим ротор режущего аппарата диаметром  $D = 2R$  с лезвиями высотой  $L$ . Так как рабочая скорость косилки меньше окружной скорости лезвий, то все точки ротора в абсолютном движении описывают циклоидальные траектории. Уравнения точек 1 и 2 лезвия в параметрической форме имеют вид:

$$\begin{aligned}x_1 &= R \cos \omega t & y_1 &= R \sin \omega t + Vt \\x_2 &= (R - L) \cos \omega t & y_2 &= (R - L) \sin \omega t + Vt\end{aligned}$$

Перекрытие режущих элементов в многороторных косилках. При работе многороторных косилок необходимо, чтобы траектория режущих элементов соседних роторов несколько перекрывали одна другую, во избежание пропуска ненрезанных участков травы.

Формула для определения перекрытия:

$$\delta = D \cdot \sqrt{\left(1 - q\right)^2 - \sqrt{\left(1 - q\right)^4 - \left(\frac{\pi \cdot q}{Z_n}\right)^2}} \quad (2)$$

где  $q$  - показатель;  $Z_n$  - число ножей на роторе.

Окружная скорость ротора. Вектор абсолютной скорости точек лезвия  $V_{abs} = \omega R + V$  изменяется в процессе резания по направлению и по значению от наименьшего до наибольшего. Как было показано, для безподпорного среза растений необходимо чтобы значение  $V_{abs}$  превосходило значение  $V_{min}$ .

Приближенная формула для определения наименьшего значения окружной скорости при различном числе лезвий имеет вид:

$$\begin{aligned}\omega_{min} R &= (\alpha \sin \varphi_{min} - \cos \varphi_{min}) + \\&+ \sqrt{V^2 (\alpha \sin \varphi_{min} - \cos \varphi_{min}) + V_{min}^2} \quad (3)\end{aligned}$$

где  $\alpha$  - угол между соседними ножами, рад;  $\varphi_{min}$  - угол при котором скорость резания минимальна, рад;  $R$  - радиус ротора.

Программа выполнения работы:

1. Исходные данные таблица 1.

Исходные данные

Таблица 1.

Параметры	N варианта															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Марка машины	КРН - 2,1								КПРН - 3,0							
Частота вращения, об/м	540								774							
Ширина захвата, м	2,1								3,0							

Число роторов, шт.	4													6
Число ножей, шт.	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2
Высота среза, см	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8
Коэффициент резания	1,108	1,03	1,046	1,97	1,37	1,108	1,046	1,108	1,57	1,046	1,108	1,97	1,108	1,37
Скорость машины, м/с	2,1	2,2	2,3	2,4	2,3	2,1	2,3	2,5	3,5	4,0	2,7	2,8	3,4	3,1
Культура	клевер			костер			овес			пшеница				
Коэффициенты а б с	0,08 1,40 1,71			0,178 3,50 1,60			0,100 2,40 1,10			0,096 2,43 1,39				
Минимальная скорость резания, м/с	13			24			32			32				

## 2. Агротехнические требования:

Сбор урожая следует проводить в оптимальные сроки. Злаковые травы собирают в период колошения.

Скашивать необходимо без огрехов и пропусков, естественные травы на высоте 4...5 см, сеянные на высоте 5...7 см.

Косилка должна обеспечивать заданную высоту среза, срезать стебли без разрыва, смятия и теребления, хорошо копировать рельеф местности, укладывать скошенную траву в покосы, чтобы она не попадала под колеса трактора.

## 3. Физико-механическая характеристика некоторого травостоя таблица 2.

Физико-механическая характеристика некоторого травостоя

Таблица 2.

Культура	Характеристика			
	Диаметр стеблей, мм.	Высота стеблей, см.	Густота травостоя, шт. на м <sup>2</sup>	Влажность, %
Клевер (фаза цветения)	4...5	30...40	2500	82,2
Костер безостый (фаза колошения)	3...4	40...50	2500	74,1
Овсяница луговая (фаза колошения)	1,5...2,5	25...35	2500	66,1
Люцерна (фаза цветения)	4...5	35...40	1100	75,3
Тимофеевка (фаза колошения)	3...4	50...60	1100	72,7
Овес	3...4	40...50	635	17,2
Пшеница	3...4	60...70	625	16,0

4. Технологическая схема машин и характеристики режущего аппарата.
5. Технологические характеристики машин.

### Технологические характеристики машин

Таблица 3.

Показатель	КРН-2,1А	КПРН-3,0
Ширина захвата, м	2,1	3,0
Рабочая скорость, км/ч	15	9...15
Число роторов, шт.	4	6
Частота вращения роторов, об/мин.	2040	1936
Масса машины, кг	570	1550

### 6. Расчет

#### 6.1. Снять размеры с образца ротора косилки КРН-2,1:

- радиус ротора до конца ножа  $R_k$ , мм;
- радиус ротора до отверстия соединения с ножом  $R_c$ , мм;
- длина лезвия ножа  $L_h^o$ , мм;
- ширина ножа  $h_h$ , мм.

Измеренные величины заносятся в таблицу 4:

#### Измеренные величины

Таблица 4.

Опытные				Расчетные									
$R_k$	$R_c$	$L_h^o$	$h_h$	$D$	$\Omega_{min}$	$n$	$L_h$	$S$	$R_1$	$P_c$	$M_{sym}$	$N_{sym}$	$V_m^{расч}$

#### 6.2. Диаметр ротора $D = 2 R$ , м

$$D = B / K_p$$

#### 6.3. Угол между соседними ножами $\alpha$ , рад.

$$\alpha = \frac{2\pi}{Z_h}$$

#### 6.4. Угол при котором минимальная скорость резания $y_{min}$ , рад.

$$y_{min} = \operatorname{arctg}(-\alpha)$$

#### 6.5. Минимальная скорость угловая $\Omega_{min}$ , рад/с

$$\omega_{\min} R = (\alpha \sin \varphi_{\min} - \cos \varphi_{\min}) + \\ + \sqrt{V^2(\alpha \sin \varphi_{\min} - \cos \varphi_{\min}) + V_{\min}^2}$$

6.6. Частота вращения ротора  $n$ , об/мин

$$n = \frac{30\omega_{\min}}{\pi}$$

6.7. Длина лезвия ножа  $L_h$ , м

$$L_h = \frac{\alpha V_m}{\omega_{\min}}$$

6.8. Показатель  $q$

$$q = \frac{2V_m}{\omega_{\min} D}$$

6.9. Суммарная рабочая длина лезвия  $L_p$ , м

$$L_p = K_p q D$$

6.10. Коэффициент максимального использования лезвия

$$K_p = \frac{2\pi V_m}{Z_h \omega_{\min} L_h}$$

6.11. Площадь скашиваемая лезвием за один оборот  $S$ , см<sup>2</sup>

$$S = \frac{V_m \alpha D}{\omega_{\min}} \cdot 10^4$$

6.12. Необходимое перекрытие ротора  $\Delta$ , м

$$\delta = D \cdot \left( (1-q)^2 - \sqrt{(1-q)^4 - \left( \frac{\pi \cdot q}{Z_n} \right)^2} \right)$$

6.13. Конструктивный радиус ротора  $R_1$ , м

$$R_1 = D/2 + \delta$$

6.14. Коэффициент использования зоны среза  $K_h$

$$K_h = \frac{B \cdot V_m}{Z_h R_1 \omega_{min} \left( 1 - \left( \frac{D \cdot R_1}{2} \right)^2 \right)}$$

6.15. Удельная сила резания  $P_c$ , кН

$$P_c = a + (b / V p_{min})$$

6.17. Суммарный момент, приведенный к ВОМ  $M_{cym}$ , Н.м

$$M_{cym} = K_p M n / n_{BOM}$$

6.18. Мощность привода одного ротора  $N$ , кВт

$$N = 1,36 \frac{\omega_{min} M}{75}$$

6.19. Суммарная мощность привода  $N_{cym}$ , кВт

$$N_{cym} = K_p N$$

6.20. Расчетная скорость машины  $V_m^{расч}$ , м/с

$$V_m^{расч} = \frac{\omega_{min} Z_h L_h}{25}$$

7. Траектория движения ножа

Для построения траектории движения точки лезвия ножа необходимо:

1. Построить окружность, радиус которой равен расстоянию от центра ротора до точки на ноже.
2. Разбить окружность на произвольное количество равных частей.
3. Определить величину подачи

$$L = \frac{V_m \pi D}{V_{\min}^{рез}}$$

где D - расстояние от центра ротора до точки на ноже, и отложить от центра окружности.  
Разбить отрезок L на такое же число частей.

4. Обозначить точки деления окружности по направлению вращения диска.
5. Отложить от первой точки окружности одно деление подачи, от второй точки - два деления подачи и т.д.
6. Соединить полученные точки плавной кривой. Чтобы построить траектории последующих оборотов диска, надо от найденных точек траектории отложить по направлению движения машины ее путь за, два и т.д. оборотов.

### **3.1.3 Результаты и выводы:**

Произвести расчет основных параметров дискового режущего аппарата, построить траектории движения ножа. Разобраться с факторами, влияющими на скорость резания, на силу резания. Для чего необходимо перекрытие роторов. Какими основными параметрами характеризуется косилка.

### 3.2 Практическое занятие №2,3 (4 часа).

**Тема:** «Диаграмма резания, график скоростей резания, слагающая скорость вдоль лезвия, силы, действующие на нож режущего аппарата»

#### 3.2.1 Задание для работы:

1. Овладеть методикой проектирования режущих аппаратов уборочных машин и расчета их узлов и деталей.

#### 3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Определение основных характеристик режущего аппарата и их анализ

4.1 Скорость резания, частота вращения кривошипа

Размеры сегмента и противорежущей пластины взять для своего варианта в соответствии с рисунком 1 из таблицы 2.

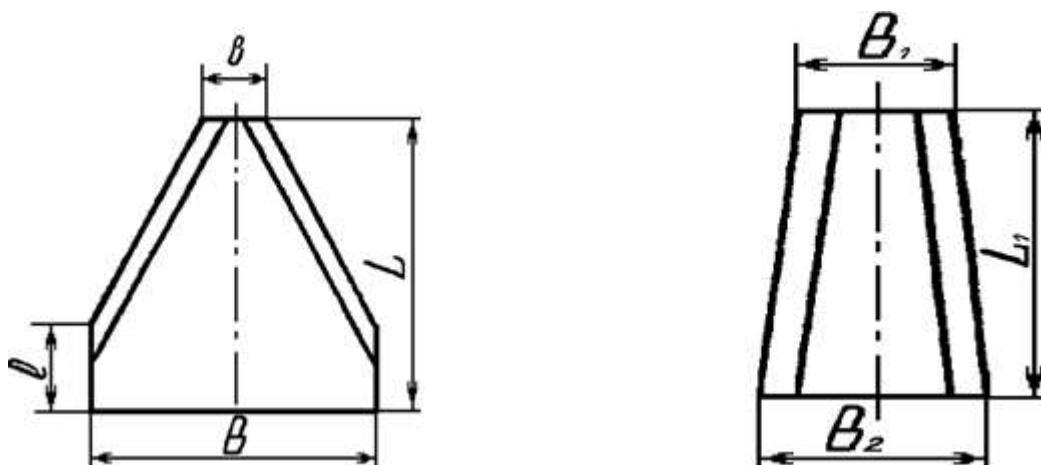


Рис.1. Сегмент и противорежущая пластина

1. Размеры сегментов и противорежущих пластин для режущих аппаратов косилок и жаток (мм)

Машина	Сегмент				Пластина		
	B	b	L	l	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>
Косилка	76	16	80	25	27	37	65
Жатка	76	16	75	21	21	24	58
Жатка грубостебельная	90	12	85	34	21	37	65

Образцы построения графика для аппаратов различных типов показаны на рисунках - 2, 3, 4.

Вначале наносятся оси пальцев на расстоянии  $t_0$  одна от другой, затем оси сегментов. Если аппарат центрированный то оси пальцев и оси сегментов совпадают. Если

имеется недобег (рис.2,4) или перебег (рис.3) ножа, оси сегментов будут смешены от осей пальцев на величину

$$\pm \delta = \frac{S - t_0}{2}$$

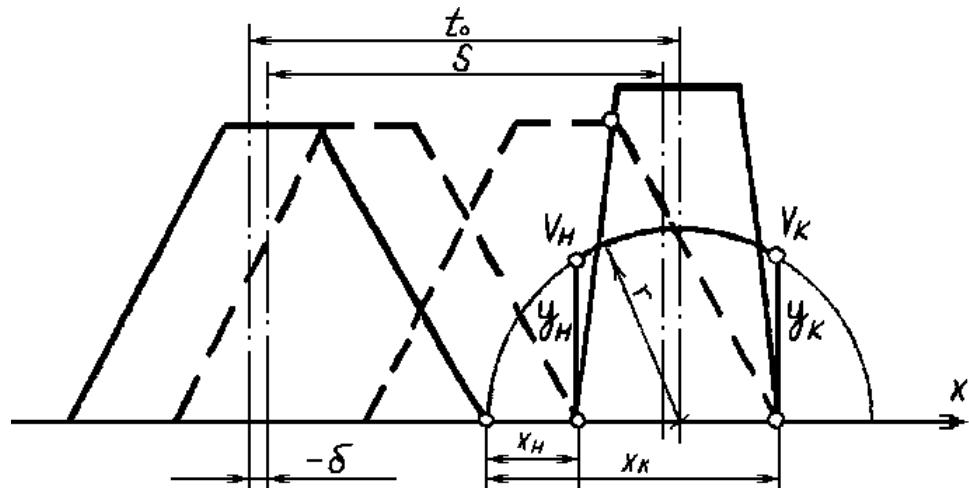


Рис.2. График скоростей резания для аппарата нормального однопробежного с недобегом ножа

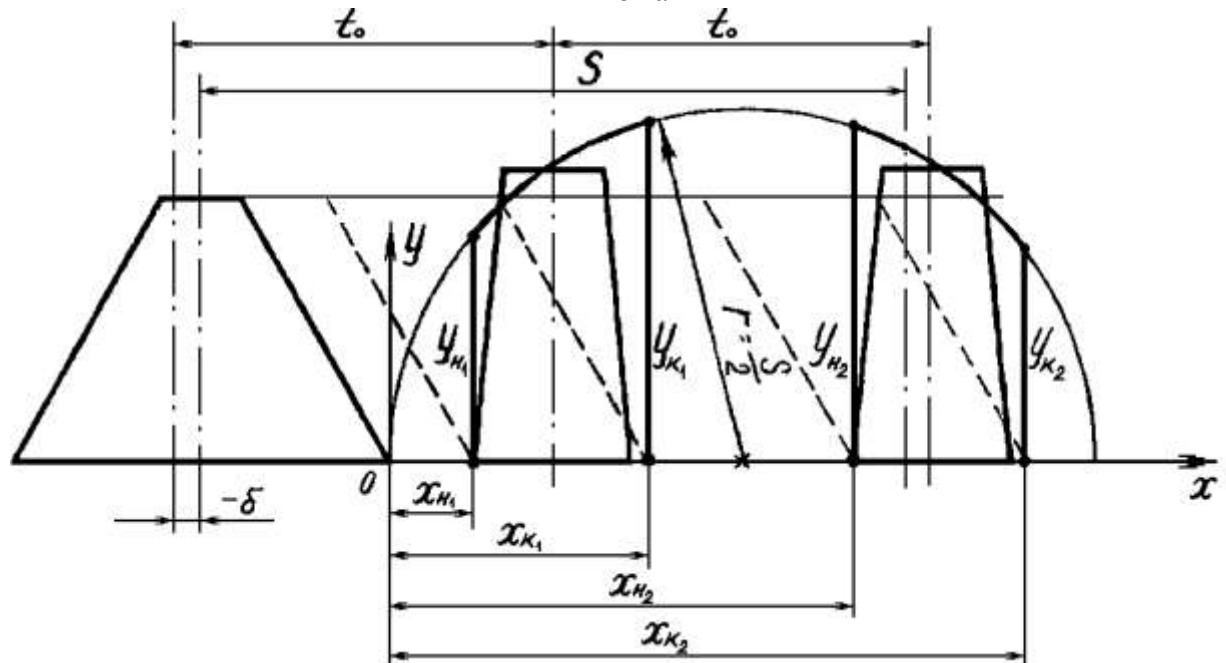


Рис.3. График скоростей резания для аппарата нормального двухпробежного с перебегом ножа

Затем изображается активная часть сегмента в начальном (крайнем) положении и противорежущая пластина, с которой он взаимодействует. Для двухпробежного аппарата вычерчиваются две пластины.

Отложив от угла сегмента вправо расстояние  $r = \frac{S}{2}$  из полученной точки, как из центра, описываем полуокружность. Это и есть график изменения скорости ножа  $V_x$  в

зависимости от его перемещения  $-x$ . Масштаб графика  $\lambda_V$  численно равен частоте вращения кривошипа  $\omega$  т.е.

$$\lambda_V = \omega, \text{ с}^{-1}$$

Перемещая сегмент вдоль пальцевого бруса, найдем моменты  $x_h$  и  $x_k$  – начала и конца резания. Им соответствуют ординаты  $y_{un}$  и  $y_{uk}$ , которые в масштабе  $V_h$  дают значения начальной и конечной скоростей резания. Очевидно, что у двупробежных аппаратов резание будет происходить сначала на одном  $y_{un1}$ ,  $y_{uk1}$ , а затем на другом  $y_{un2}$ ,  $y_{uk2}$  пальцах.

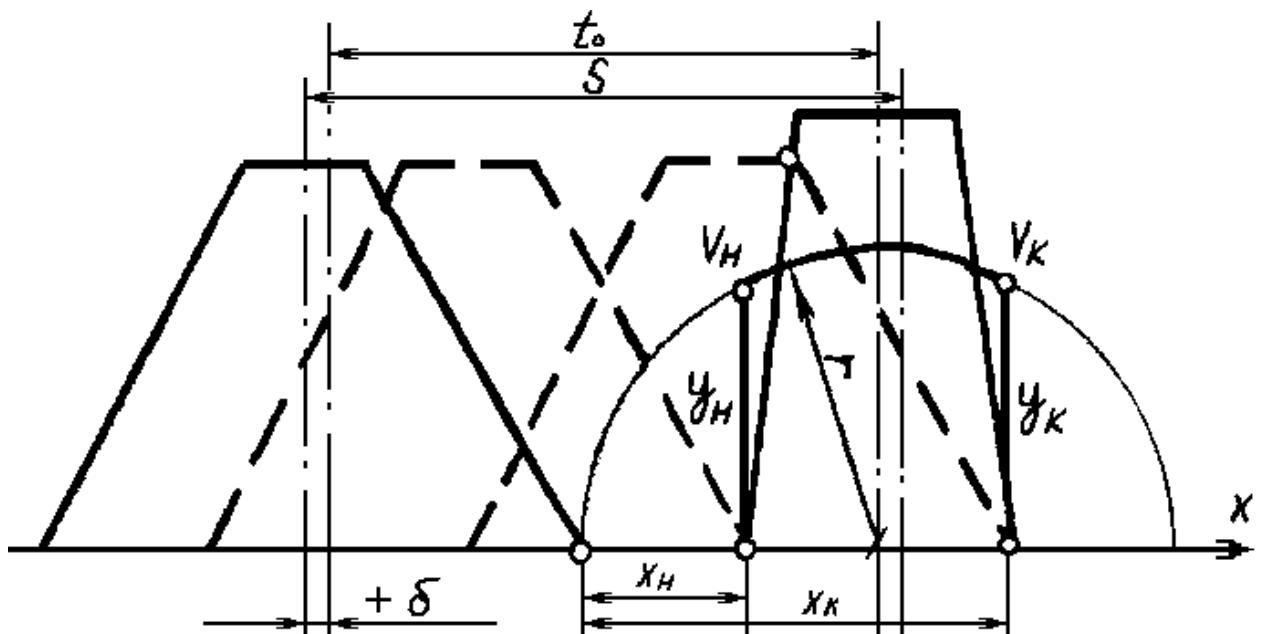


Рис. 4. График скоростей резания для аппарата нормального однопробежного с перебегом ножа

ОПРЕДЕЛИТЬ ЧАСТОТУ ВРАЩЕНИЯ КРИВОШИПА:

$$\omega = \frac{V_{pez}}{y_{min}};$$

где  $V_{pez}$  (м/с) - скорость резания, задана по варианту;

$y_{min}$  (м) - ордината, соответствующая минимальной скорости резания, берется из графика.

Пример: Если  $V_{pez}=2,2$  м/с,  $y_{min}=32$  мм;

то  $\omega = \frac{2,2}{0,032} = 68,75 \text{ с}^{-1}$

ОПРЕДЕЛИТЬ ПОДАЧУ:  $h = \frac{\pi \cdot V_M}{\omega}$  (м)

#### 4.2. Отгиб стеблей

Рассчитать наибольший поперечный отгиб:

$$q_0 = \left( t_0 - \frac{b_{cp}}{2} \right) \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \theta};$$

где  $\tan \theta = \frac{h}{\pi \cdot r}$ ;  $\theta$  - угол поперечного отгиба;

$$b_{cp} = \frac{b_1 + b_2}{2}$$

Рассчитать наибольший продольный отгиб:

$$q_1 = y_f - y_e;$$

где

$$y_f = \frac{h}{\pi} \cdot \left[ \arccos \left( 1 - \frac{x_f}{r} \right) + \pi \right];$$

$$y_e = \frac{h}{\pi} \cdot \left[ \arccos \left( 1 - \frac{x_e'}{r} \right) \right] + h';$$

$$h' = L - e$$

Для однопробежных аппаратов:  $x_f = r + \frac{b_{cp}}{2}$ ;

$x_e' = \frac{b_{cp} - b}{2}$  – если аппарат центрированный ( $S = t_0$ );

$x_e' = \frac{b_{cp} - b}{2} + \delta$  – если имеется перебег ( $S > t_0$ );

$x_e' \approx h'$  – если имеется недобег ( $S < t_0$ );

Для двухпробежных аппаратов:

$$x_f = \frac{B + b_{cp}}{2};$$

$$x_e' = r + \frac{b_{cp} - b}{2}.$$

Окончательный выбор скорости вращения кривошипа

Сопоставьте значения наибольшего продольного и поперечного отгибов. Для косилок продольной отгиб должен быть меньше поперечного или, в крайнем случае, приблизительно равняться ему-  $q_1 \leq q_0$

Для жаток допустимо некоторое превышение продольного отгиба над поперечным, но чем меньше продольный отгиб, тем меньше вероятности потерь колосьев.

Если при сопоставлении отгибов условие не выполняется, нужно увеличить частоту вращения кривошипа  $\omega$ , вновь рассчитать подачу и отгибы, сравнить их. И так, до тех пор, пока не получим желаемого соотношения отгибов.

Увеличивать  $\omega$  необходимо понемногу, так как это ведет к резкому увеличению сил инерции и затрат мощности на работу аппарата. Поэтому, выбрав  $\omega$ , желательно сразу подсчитать потребную мощность (см. пункт 4.9) и сравнить ее с затратами мощности на работу режущих аппаратов существующих машин этого же класса.

Принимая во внимание соотношение отгибов и затраты мощности, выбрать окончательно частоту вращения кривошипа. Это значение  $\omega$  использовать во всех последующих расчетах и графических построениях.

#### 4.3. Диаграмма резания

Образцы построения показаны на (рис.6.7).

Порядок построения:

- провести оси пальцев ( $t_0$ );
- провести оси сегментов, учесть недобег (перебег);
- отложить снизу вверх две подачи  $h$ ;
- изобразить сегмент в крайних левом и правом положениях;
- построить траекторию движения нижней точки правого лезвия (см. образец на рис. 5);
- изготовить шаблон по построенной траектории;
- нанести на чертеж траектории крайних точек активных лезвий (используй шаблон);
- через точку перегиба одной из траекторий провести касательную, угол ее наклона  $\theta$  определяет направление поперечного отгиба стеблей; наибольший поперечный отгиб измеряется отрезком  $q_0$ , от оси пальца до края противорежущей пластины соседнего;
- вычертить противорежущую пластину (на рис.6 показано пунктиром);
- перенести пластину на диаграмму резания, для этого верхнюю точку лезвия противорежущей пластины снести на траекторию верхней точки лезвия сегмента, получив точку "а", затем аналогично получаем точку "в", соединив точки "а" и "в", получаем лезвие пластины на диаграмме резания;

можно ограничиться изображением среднего размера пластины  $b_{cp} = \frac{b_1 + b_2}{2}$ , как

это сделано на рис.7 и на правом пальце рисунка 6.

нанести точки  $\ell$  и  $f$ , отрезок  $\ell f$  определяет наибольший продольный отгиб  $q_1$ .

Сравнить расчетные и графические значения величин  $q_0$ ;  $y_e$ ;  $y_f$  (мм)

Величины, мм	$q_0$	$y_e$	$y_f$	Расхождение, %
Расчетные				
Графические				

Совпадение расчетных и графических значений свидетельствует о том, что работа выполнена правильно.

Если расхождение величин составляет более 5%, следует найти и устранить ошибку. Чаще всего она бывает в расчетах.

#### 4.4. Нагрузка на лезвие

На диаграмме резания выделить площадь нагрузки. Это площадь поля, с которой скашиваются стебли каждым лезвием за один ход ножа.

На рис.6 и 7 площадь нагрузки выделена штриховкой по контуру.

Сверху и снизу площадь нагрузки ограничена траекториями крайних точек лезвий (синусоиды), боковые границы совпадают с осями пальцев. Отрезки прямых, ограничивающих площадь нагрузки в зонах действия

пальцев, проводятся под углом  $\beta + \phi_2$  к горизонтали (см. точки а, е, с и др. на рис. 6).

Доказано, что

$$F_H = S \cdot h \text{ (м}^2\text{)}$$

У двухпробежных аппаратов на первом пальце скашивается 64 % всей площади, на втором 36 %.

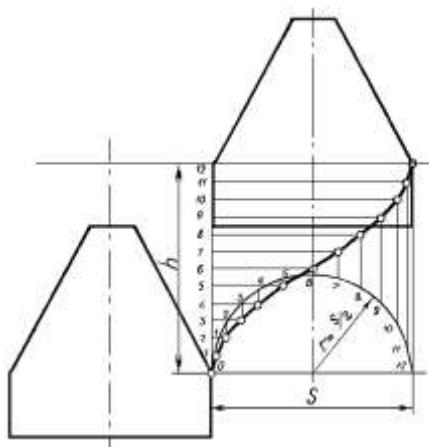


Рис.5. Построение траектории движения нижней точки лезвия (аппарат центрированный однопробежный)

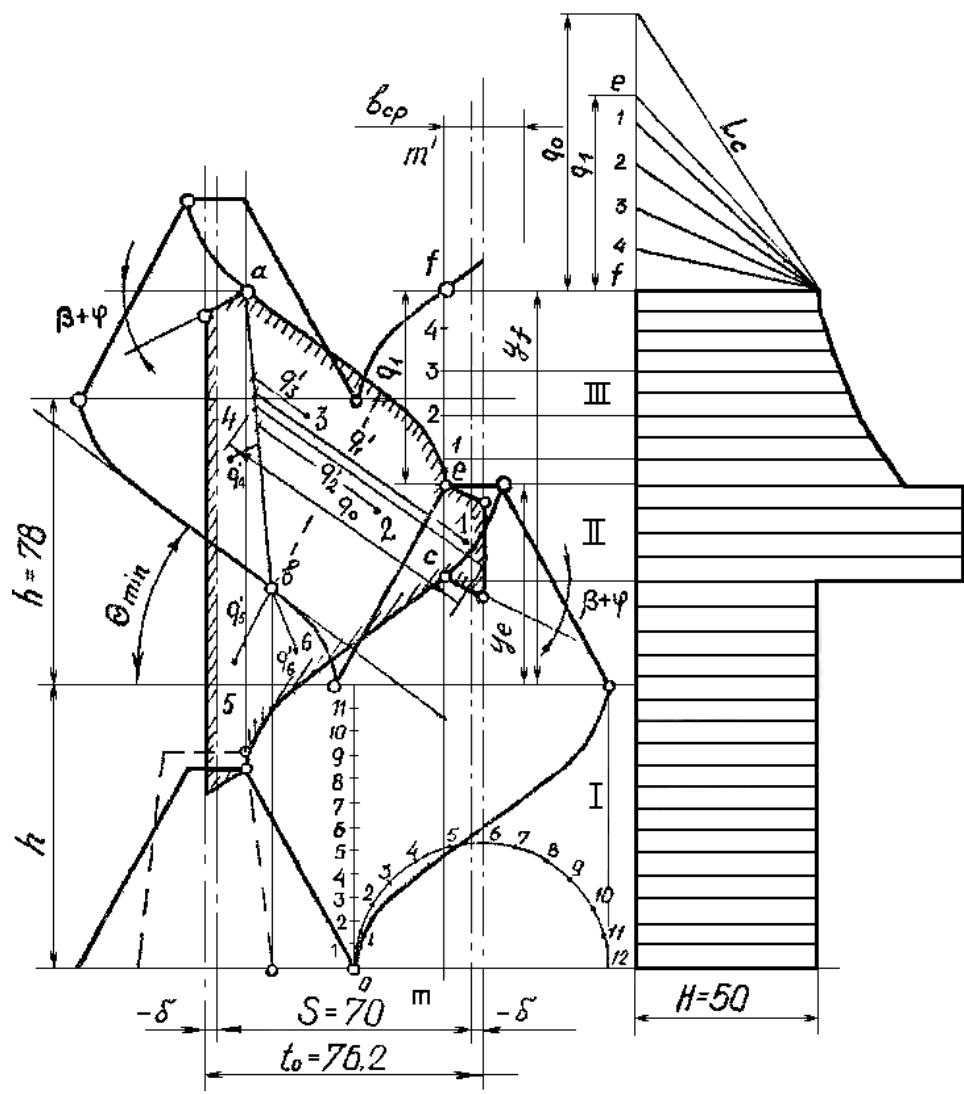


Рис. 6. Диаграмма резания и график изменения высоты стерни (аппарат однопробежный с недобегом ножа)

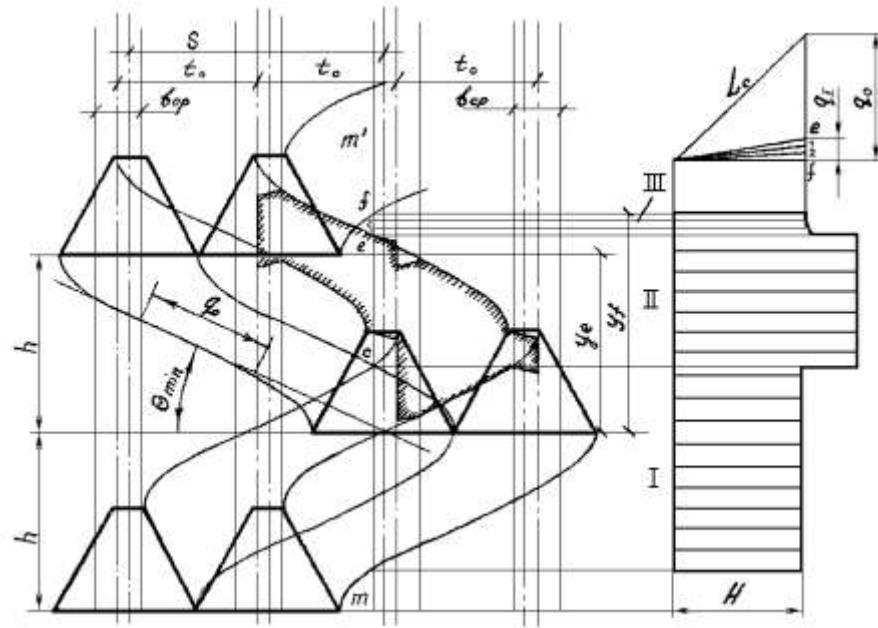


Рис. 7. Диаграмма резания и график изменения высоты стерни (аппарат двухпробежный с недобегом ножа)

Определить количество стеблей, срезаемых лезвием за один ход ножа:

Однопробежный аппарат:  $v=Shk$

Двухпробежный аппарат:  $v=0,64Shk$

Количество стеблей на кв. метре можно принять: для косилок  $k=10\dots12$  тыс. шт.; для жаток  $k=300\dots350$  шт.; для грубостебельных жаток  $k=8\dots12$  шт..

#### 4.5. Высота стерни

График изменения высоты стерни строится ( $M 1:1$ ) для одного продольного рядка стеблей  $mm^1$  (рис.6, 7), расположенного вдоль кромки пальца.

Справа от диаграммы резания проведем вертикальную линию, она изображает поверхность поля. Параллельно ей на расстоянии  $H$  (высота среза) покажем линию движения режущего аппарата. Очевидно, что стебли рядка  $mm^1$  на участке от  $m$  до  $s$  срезаются без отгиба и их стерня будет равна высоте установки режущего аппарата  $H$ , покажем это горизонтальной штриховкой в зоне 1.

На участке  $se$  стебли испытывают максимальный поперечный отгиб  $-q_0$ . Для определения высоты их стерневых остатков строим треугольник с катетами  $H$  и  $q_0$ , гипотенуза дает высоту стерни (зона П).

На участке  $ef$  стебли испытывают продольный отгиб. Чтобы определить высоту стерни этой группы стеблей, разделим отрезок  $ef$  соответствующий наибольшему отгибу  $q_1$ , на произвольное число равных частей. Количество частей берется тем больше, чем длиннее отрезок  $ef$ . Затем строим треугольник с катетами  $H$  и  $q_1$ . Катет  $q_1$  разделим на то же число частей. Через точки деления (1, 2, 3 и т.д.) и вершину треугольника проводим лучи, затем каждый луч переносим на график (зона 3) против соответствующей точки отрезка  $ef$  на диаграмме. Соединив концы перенесенных лучей плавной кривой, завершаем построение графика.

Построенный график показывает стерню одного продольного рядка стеблей.

#### Средняя высота среза

Для определения средней высоты среза, площадь нагрузки разделим на фигуры. В пределах каждой фигуры стебли должны иметь однотипный отгиб (поперечный - сегментом, поперечный - пальцем или продольный). Желательно, чтобы фигуры имели правильную форму (параллелограмм, пирамида, треугольник и т. п.) или близкую к ней.

На рис.6. например, площадь нагрузки разделена на 6 фигур.

Расчетом или любым другим способом (планиметрирование, наложение миллиметровой кальки) определяем площадь каждой фигуры  $-f'_1, f'_2, f'_3$  и т. д. Затем находим центр каждой фигуры и отгиб стебля, расположенного в центре  $q'_1, q'_2, q'_3$  и т.д. Зная отгибы, можно подсчитать высоту стерни каждого стебля по формуле:

$$e_i = \sqrt{q_i^2 + H^2}$$

или графически, как показано на рис. 8.

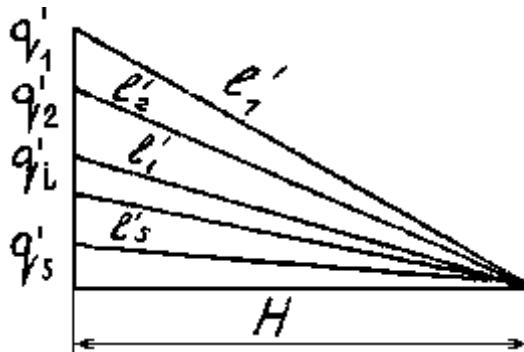


Рис. 8. Определение средней высоты стерни в пределах фигур 1, 2, 3 и т.д.

Средняя высота среза рассчитывается по формуле:

$$L_{cp} = \frac{e_1 \cdot f_1 + e_2 \cdot f_2 + \dots + e_n \cdot f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n}$$

Дать заключение о влиянии отгиба на высоту среза стеблей и потери.

#### 4.6. Анализ процесса подвода стеблей к противорежущей пластине

В зависимости от соотношения скоростей машины  $V_m$  и ножа в пальцевом брусе  $V_x = \omega r$  стебли проскальзывают по лезвию сегмента. Чтобы проанализировать этот процесс, строится график изменения слагающей скорости ножа вдоль лезвия (см. рис. 9).

В координатах  $x-V_l$  чертим полуокружность радиусом кривошипа  $r$ . На расстоянии  $\frac{V_m}{\omega} \cdot \operatorname{ctg}\alpha$  от  $x$  проводим горизонталь.

Пример.  $V_m = 2,2 \text{ м/с}; \omega = 68,75 \text{ с}^{-1}; \alpha = 29^\circ$ .

Тогда  $\frac{V_m}{\omega} \operatorname{ctg}\alpha = \frac{2200}{68,75} \cdot \operatorname{ctg}29^\circ = 57,7 \text{ (мм)}$

Слагающая скорость представлена на графике разностью ординат окружности и прямой. Масштаб скорости  $\lambda_v = \omega \cdot \sin\alpha$

Когда  $V_v$  положительна, происходит проскальзывание стеблей по лезвию сегмента вперед от большего основания к меньшему, возможно и соскальзывание стеблей с лезвия. Если  $V_v$  отрицательна, стебли проскальзывают к заднему основанию и собираются в пучок.

Для косилок предпочтительнее вариант, показанный на рис. 9-а, когда стебли, проскальзывая то назад, то вперед по лезвию, равномерно распределяются вдоль него.

Для жаток вполне допустим вариант, показанный на рис. 9-б, так как количество стеблей, срезаемых лезвием, невелико и пучок, как таковой, не образуется. Это относится и к жаткам для грубостебельных культур.

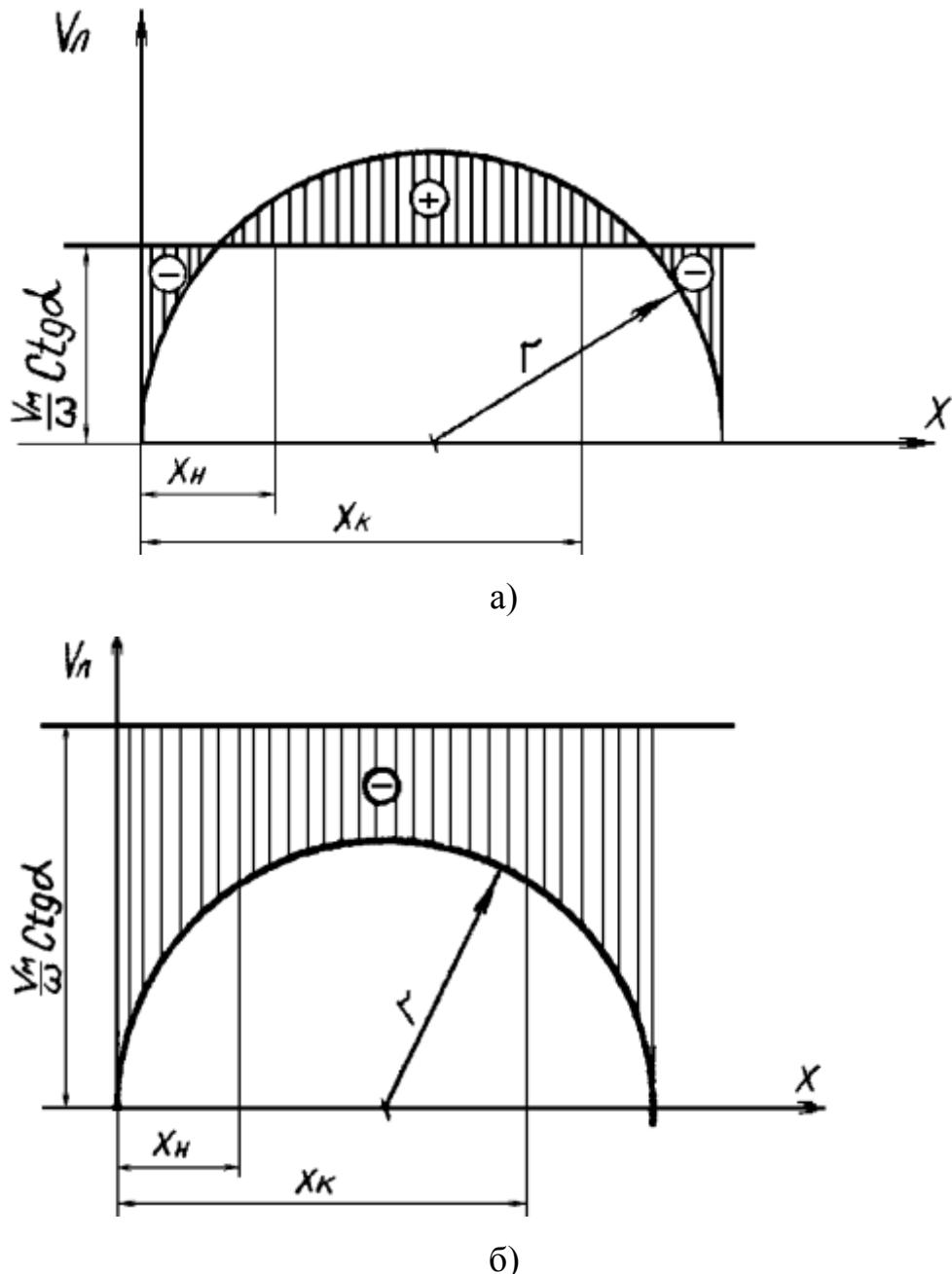


Рис. 9. График изменения слагающей скорости ножа вдоль лезвия

Для уменьшения проскальзывания стеблей на лезвиях делают насечку. Если стебли проскальзывают вперед, насечку располагают параллельно основанию сегмента, если назад - перпендикулярно лезвию. Шаг насечки в 2-3 раза меньше, чем диаметр стебля. Для зерновых жаток его берут равным 1,0...1,2 мм., для косилок – 0,2 мм..

Отсутствие проскальзывания стеблей можно проверить аналитически:

$$V_M \geq \frac{r\omega \cdot \operatorname{tg} \alpha - f_1}{1 + f_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

#### 4.7. Условие защемления в режущей паре.

Стебли, подвешенные сегментом к противорежущей пластине, должны защемляться в растворе режущей пары, в противном случае резания происходит не будет.

Проверить условие защемления стеблей:  $\alpha + \beta \leq \phi_1 + \phi_2$ . Для лезвий с остротой 120 мкм при влажности стеблей 14...22% сумма  $\phi_1 + \phi_2 = 25...35^0$ ; при 55...70% влажности -  $\phi_1 + \phi_2 = 40...60^0$ . Для лезвий с остротой 30 мкм сумма углов возрастает на 15..40 %. Насечка лезвий увеличивает углы на 30..50 %.

#### 4.8. Силы действующие на нож

Общее сопротивление, действующее на спинку ножа, может быть представлено суммой сил:

$$T = U + Q + F_1 + F_2$$

Определение силы Т выполним расчетно-графическим путем. Для этого в масштабе (1:1) или (1:2) построим схему кривошипно-шатунного привода ножа (рис.10). От горизонтальной линии, показывающей направление движения ножа, отложим вверх дезаксиал  $h_g$  и радиусом  $r$  опишем окружность-траекторию движения кривошипа. Из центра окружности радиусами равными  $R_0 = \ell_{ш} - r$  и  $R_7 = \ell_{ш} + r$  на линии движения ножа сделаем засечки (на рис.10 точки 0 и 7). Отрезок между засечками представляет собой ход ножа с учетом дезаксиала. Разделим его на несколько равных частей и пронумеруем точки. Покажем также начало и конец резания  $x_n$ ,  $x_k$ . Из полученных точек радиусом, равным длине шатуна  $R = \ell_{ш}$  делаем засечки на окружности. Соединив одноименные точки отрезка S и окружности, получим положения шатуна при различных положениях ножа в пальцевом брусе. Для каждого положения ножа можно легко определить тангенс угла, наклона шатуна к линии движения ножа. Например,  $\operatorname{tg}\gamma_3$  для положения ножа в точке 3 находим следующим образом. Из точки 3 влево откладываем отрезок 100 мм и восстанавливаем перпендикуляр до пересечении с соответствующим положением шатуна.

Очевидно:  $\operatorname{tg}\gamma = \frac{a}{100}$ ; где  $a$  – отрезок в мм. Теперь приступаем к построению

графика сил (рис.11). По горизонтальной оси откладываем S - ход ножа. Если аппарат однопробежный, то S – удобней отложить в масштабе увеличения 2:1. Ход ножа делим на то же число частей, что и на предыдущем графике (рис. 10). Показываем также начало  $x_n$  и конец  $x_k$  резания.

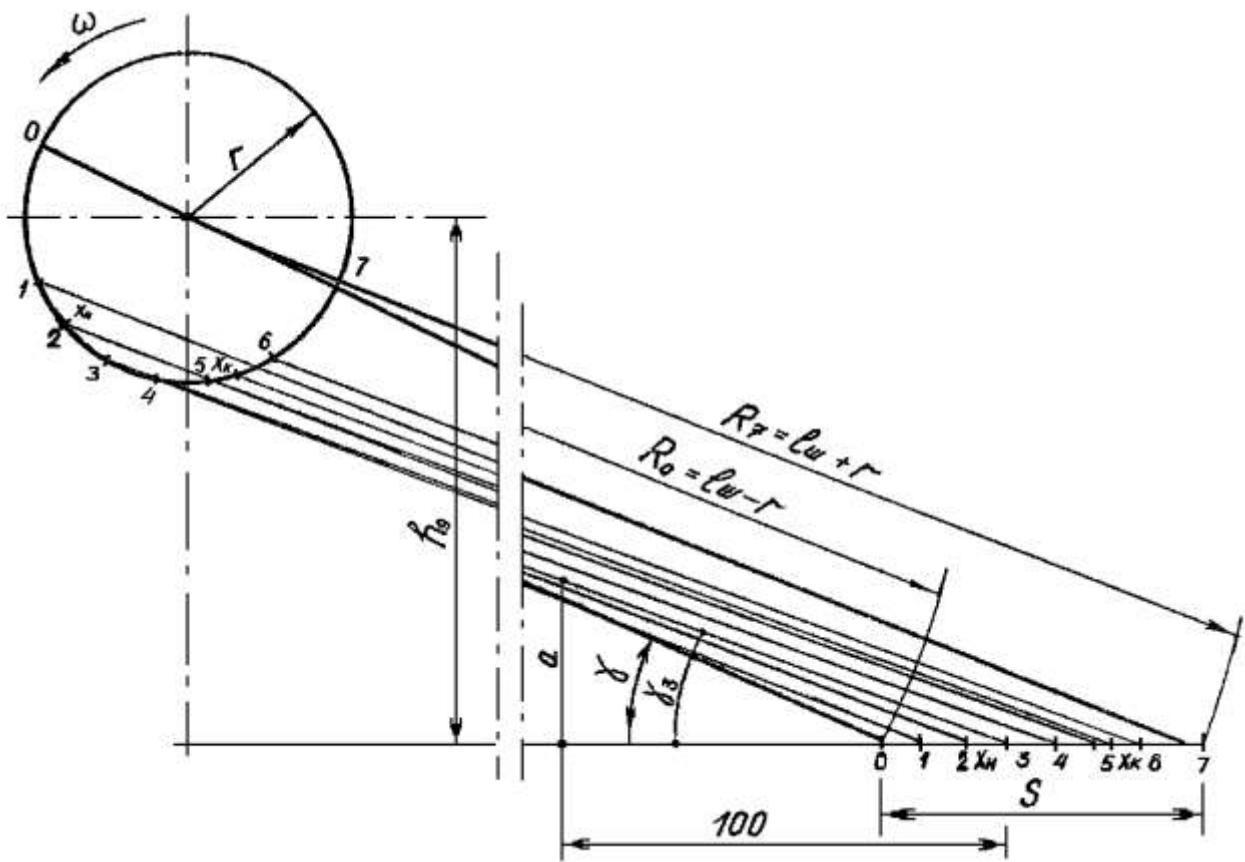


Рис. 10. Схема кривошипно-шатунного механизма

Определим максимальную силу инерции.

$$U_{MAX} = m \ell_n \omega^2 r, (\text{Н})$$

где  $m = 2 \dots 2,2$  кг - масса погонного метра ножа;

$\ell_n$  - длина ножа, равная ширине захвата бруса косилки или секции жатки.

Отложим  $U_{MAX}$  на оси ординат. Через полученную точку и средину хода ножа  $S$  проведем прямую  $U$ , которая в принятом масштабе показывает изменение силы инерции в зависимости от хода ножа  $X$ .

Рассчитаем силу сопротивления стеблей резанию

$$Q = \frac{\varepsilon \cdot F_H \cdot z}{x_P}$$

где  $\varepsilon$  - работа, затрачиваемая на срез растений с 1 м<sup>2</sup>; для трав –  $\varepsilon = 200 \dots 300$  Дж; для зерновых культур 100...200 Дж.

Для однопробежных аппаратов площадь нагрузки определяется по формуле;

$$F_H = S \cdot h (\text{м}^2)$$

Для двухпробежных рассчитывается площадь, сканируемая на первом пальце (зона резания  $x_{H1}$  -  $x_{K1}$ ):

$$F_{H_1} = 0,64 \cdot S \cdot h \text{ (м}^2\text{)}$$

и на втором ( зона резания  $x_{H2}$  -  $x_{K2}$  ):

$$F_{H_2} = 0,36 \cdot S \cdot h \text{ (м}^2\text{)}$$

Число сегментов  $Z$ , осуществляющих срез, найдем, разделив ширину захвата бруса (секции) на шаг сегментов.

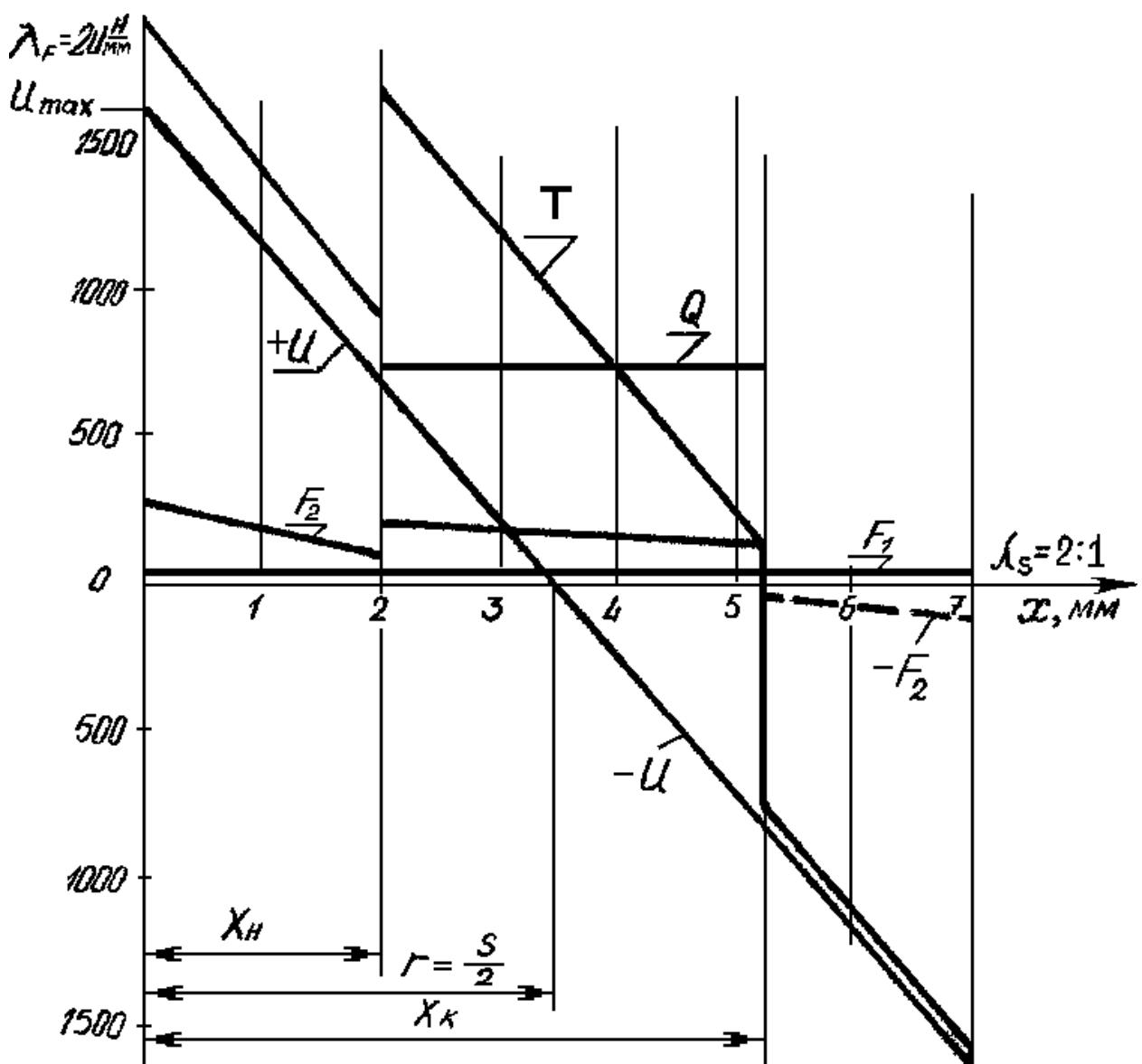


Рис. 11. График сил, действующих на нож

Перемещение ножа от начала до конца резания –  $x_p$  взять с графика скоростей резания. У двухпробежного аппарата получим два значения  $x_{p1}, x_{p2}$ .

Рассчитав силу  $Q$ , наносим ее на график. Она имеет положительное значение, постоянна по величине т.е. прямая параллельна оси абсцисс и действует только во время резания  $x_H - x_K$ .

У двухпробежных аппаратов за один ход сила появляется дважды, сначала  $Q_1$  от  $x_{H1}$  до  $x_{K1}$ , затем  $Q_2$  от  $x_{H1}$  до  $x_{K1}$ .

Сила трения  $F_1$  от веса ножа равна:

$$F_1 = mg\ell_H f$$

Учитывая, что нож работает в абразивной среде, коэффициент трения взять равным

$$f = 0,25 \dots 0,30.$$

На графике  $F_1$  показать в виде прямой, параллельной оси абсцисс.

Сила трения  $F_2$  возникает в результате давления шатуна на головку ножа. Для расчета  $F_2$  составим таблицу.

## 2. Расчет силы трения $F_2$ и общего сопротивления ножа $T$ (Н)

№ Точки	$\operatorname{tg}\gamma$	Силы			Сумма сил $U + Q + F_1$	Сила трения $F_2$	Общее сопротив- ление $T$
		$U$	$Q$	$F_1$			
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
$x_H$							
$x'_H$							
3							
.							
.							
.							

В первой колонке указываются номера точек - 0, 1, 2,  $x_{H1}$ ,  $x_{K1}$ , 3, 4, 5,  $x_{H2}$ ,  $x_{K2}$  и т.д.

Во вторую колонку записываются значения  $\operatorname{tg}\gamma$ , определенные с помощью схемы (рис.10). Значения сил  $U$ ,  $Q$ ,  $F_1$  (колонки 3,4,5) берутся для каждой точки с графика сил (рис. 11). При этом учитывается знак силы инерции.

Для начала резания в таблице 2 заполняется две строчки, сначала  $Q$  берется равной нулю (точка  $x_H$  - резание еще не началось), затем рассчитанное  $Q$  (точка  $x_H^1$  - резание уже началось). Такая запись показывает мгновенное появление силы сопротивления  $Q$ .

В конце резания сопротивление  $Q$  мгновенно исчезает. В таблице 2 это отражается двумя строчками:  $x_k^1$  – резание еще продолжается,  $x_k$  – резание прекратилось. На графике, на оси абсцисс обе точки  $x_k^1$  и  $x_k$  сливаются в одну –  $x_k$ .

Заполнив в таблице колонки 3, 4, 5, проведем построчное сложение сил, учитывая их знаки. Результаты записываем в колонку 6.

Рассчитаем для каждой точки силу  $F_2$ :

$$F_2 = \frac{U + Q + F_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \gamma} \cdot f$$

В конце хода ножа сила  $F_2$  получает отрицательные значения, это свидетельствует о том, что давление шатуна на головку прекратилось, трение отсутствует, возможно даже появление зазора между опорной поверхностью головки и направляющей пластиной.

Силу  $F_2$  нанести на график, отрицательные значения, как действующие на верхние направляющие показать пунктиром.

В таблице и на графике произвести сложение сил  $U$ ,  $Q$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ . В результате получим общее сопротивление  $T$ , действующее на спинку ножа.

Наибольшее значение  $T$  используется при расчетах деталей на прочность.

#### 4.9. Мощность на привод режущего аппарата

Мощность определить по формуле академика В.П. Горячина.

$$N = \frac{1,1 \cdot m \ell_H \omega^3 r^2}{2} \text{ (кВт)}$$

По мощности подбирается энергоноситель (трактор, самоходное шасси, комбайн, специальное энергетическое устройство).

### 3.2.3 Результаты и выводы:

1. По диаграмме резания, графику изменения высоты стерни и расчету средней высота стерни оценить аппарат с точки зрения потерь скашиваемой массы..
2. По графику скоростей резания определить минимальную скорость резания сравнить ее с технологической, дать заключение о технологической надежности аппарата.
3. Используя график слагающей скорости ножа вдоль лезвия, принимая во внимание нагрузку на лезвие, оценить условия работы сегмента и противорежущей пластины.

### **3.3 Практическое занятие №4 (2 часа).**

**Тема:** «Построение траектории планки мотовила, анализ совместной работы мотовила и режущего аппарата»

#### **3.3.1 Задание для работы:**

1. Овладеть методикой проектирования мотовила жаток и расчета его узлов и деталей.

#### **3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:**

1. Расчет основных технологических параметров мотовила

##### **1.1. Предварительный выбор рабочих скоростей**

Известно, чем выше показатель режима работы мотовила

$$\lambda = \frac{U}{V_m}; \quad (1)$$

тем шире петли трахоид и тем больший участок стеблей будет скашиваться при содействии каждой планки, этому способствует увеличение окружной скорости планок  $U$ . Но окружная скорость не должна превышать определенного значения, в противном случае будет происходить вымолот зерна из колосьев планками мотовила.

При скашивании хлеба в восковой и полной спелости зерна комбайновыми жатками напрямую (однофазная уборка) максимальная скорость планок не должна превышать  $U_{max}=2,7$  м/с, при скашивании в молочно-восковой спелости в валки (двуухфазная уборка) допустима скорость  $U_{max}=3,2$  м/с.

Из теории мотовила (см. лекции) известно, что коэффициент полезности мотовила  $\eta$  приближается к 1, если ширина петли  $B_{max}$  равна шагу мотовила  $S_z$ . Расчеты показывают, что это условие выполняется, если показатель кинематического режима имеет значения:

$$\lambda_{min} = \frac{U_{max}}{V_{max}} = 1,8 \dots 1,9 \quad (2)$$

Принимая в расчет максимальную скорость планки и указанное значение  $\lambda_{min}$ , определите максимальную скорость машины

$$V_{m\ max} = \frac{U_{max}}{\lambda_{min}} \quad (3)$$

В сложных условиях уборки скорость жатки снижают до  $V_{m\ min}=0,8 \dots 1,0$  м/с (конкретное значение задано в варианте). Тогда средняя скорость будет равна:

$$V_{m\ cp} = \frac{V_{m\ min} + V_{m\ max}}{2} \quad (4)$$

## 1.2. Расчет режимов работы

Показатель кинематического режима увеличивают при уменьшении рабочей скорости агрегата и наоборот. Для расчета показателя режима воспользуемся эмпирической зависимостью:

$$\lambda \approx 1,8 + (1,5 - V_m); \quad (5)$$

где  $V_m$ -скорость жатки в м/с, если она меньше 1,5 м/с ( $V_m < 1,5$  м/с).

Результаты расчета оформить в виде таблицы.

### 1. Режимы работы мотовила

Показатели	Номер режима		
	1	2	3
Скорость жатки - $V_m$ , м/с	$V_{m\ max}=$	$V_{m\ cp}=$	$V_{m\ min}=$
Показатель режима работы, $\lambda$	$\lambda_{min}=$	$\lambda_{cp}=$	$\lambda_{max}=$
Окружная скорость планки – $U$ , м/с	$U_{max}=$	$U_{cp}=$	$U_{min}=$

## 1.3. Число планок (граблин)

Число планок рассчитать для режима №1( $\lambda_{min}$ ):

$$Z = \frac{\pi}{arcSin \frac{V_m}{U} + \sqrt{\left(\frac{1}{\left(\frac{V_m}{U}\right)^2} - 1\right) - \frac{\pi}{2}}} \quad (6)$$

Полученное значение  $Z$  округлить до ближайшего целого, для последующих расчетов и построений использовать это количество планок.

### 1.4. Радиус мотовила

$$R \leq \frac{l_{cp} \cdot U_{max}}{3(U_{max} - V_{max})} \quad (7)$$

где  $l_{cp} = \frac{l_{max} + l_{min}}{2}$  (7<sup>a</sup>)

Полученное значение  $R$  округлить до нормального размера, оканчивающегося на 0 или 5 мм. Во всех дальнейших расчетах и построениях использовать этот радиус мотовила.

## 1.5. Расчет параметров траектории планки

Расчет выполнить для трех режимов работы, показать подстановку в формулы числовых значений. Результаты расчетов свести в таблицу 2.

1.5.1.Перемещение машины за один оборот мотовила:

$$S = 2\pi R \frac{V_m}{U} = \frac{2\pi R}{\lambda} \quad (8)$$

4.5.2.Ширина петли:

$$B_{max} = \frac{2R}{\lambda} \left( \arcsin \frac{1}{\lambda} + \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi}{2} \right) \quad (9)$$

4.5.3. Шаг мотовила:

$$S_z = \frac{S}{Z} \quad (10)$$

Z-число планок ( см. п. 4.3.)

2. Расчетные параметры траекторий планок мотовила для трех режимов работы

№ режима	Показатель Режима	S, м	B <sub>max</sub> , м		S <sub>z</sub> , м	
			расч.	граф.	расч.	граф.
1	$\lambda_{min} = \frac{U_{max}}{Vm_{max}} =$					
2	$\lambda_{cp} = \frac{U_{cp}}{Vm_{max}} =$					
3	$\lambda_{max} = \frac{U_{min}}{Vm_{min}} =$					

4.5.4. Высота установки мотовила

Рассчитать высоту установки мотовила для работы на высоком, среднем и низком хлебостое.

Максимальная высота:

$$H_{max} = l_{max} + \frac{R}{\lambda_{min}} - h_{max} \quad (11)$$

Средняя:

$$H_{cp} = l_{cp} + \frac{R}{\lambda_{cp}} - h_{cp}; \quad (12)$$

$$\text{где } l_{cp} = \frac{l_{max} + l_{min}}{2} \quad (12^a)$$

Минимальная:

$$H_{\min} = l_{\min} + \frac{R}{\lambda_{\max}} - h_{\min} \quad (13)$$

Высота среза  $h$  выбирается по таблице 3.

### 3. Зависимость высоты среза растений от способа уборки

Способ уборки	Высота среза, мм		
	$h_{\max}$	$h_{cp}$	$h_{\min}$
Прямое комбайнирование	120	80	50
Раздельная уборка	240	150	100

Диапазон регулировки мотовила по высоте:

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min} \quad (14)$$

### 5. Определение рабочих характеристик спроектированного мотовила

Для того, чтобы оценить рассчитанное мотовило необходимо выполнить графо-аналитический анализ его работы при средней высоте стеблей на трех основных режимах, указанных в таблице 4.

### 4. Режимы работы мотовила

№ режима	Показатель режима работы	Показатель густоты стеблестоя
1	$\lambda_{\min} =$	$\mu_{\max} =$
2	$\lambda_{cp} =$	$\mu_{cp} =$
3	$\lambda_{\max} =$	$\mu_{\min} =$

В каждом указанном в табл.4 режиме необходимо проанализировать три варианта работы:

1. вариант: мотовило установлено без выноса ( $k=0$ ), взаимодействие стеблей отсутствует - ( $\mu=0$ );

2. вариант: мотовило установлено с максимальным выносом ( $k_{\max}$ ), взаимодействие стеблей отсутствует – ( $\mu=0$ );

3. вариант: мотовило установлено с максимальным выносом ( $k_{\max}$ ), взаимодействие стеблей оценивается показателем, указанным в таблице 4 ( $\mu>0$ ).

При анализе необходимо определить фазы совместной работы мотовила и режущего аппарата- $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ; подсчитать соответствующие им коэффициенты-  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta$  и дать оценку каждого режима и варианта работы.

### 5.1. Построение траектории планки мотовила.

В левом верхнем углу первого листа графической части (рис.4) в масштабе 1:10 или 1:7,5 радиусом мотовила  $R$  описать окружность (траектория относительно движения планки) и разделить ее на 12 частей. Полученные точки пронумеровать по часовой стрелке, как показано на рис. 1.

От центра окружности вправо отложить путь  $S$  (таблица 2, режим 1), разделить его на 12 частей, точки пронумеровать.

Через точки окружности провести горизонтали: 1-12; 11-1; 10-2; 9-3; 8-4; 7-5;6.

Из точек отрезка  $S$  радиусом  $R$  сделать засечки на горизонталях, имеющих соответствующие номера. Через засечки провести трахойду (абсолютную траекторию планки).

Для получения точной траектории в рабочей зоне петли, дуги окружности между точками: 4-5;5-6;6-7;7-8 разделить на три равные части и через полученные точки провести дополнительно 4 горизонтальные линии. Затем, также на три части разделить каждый отрезок между точками 4-5-6-7-8 на линии  $S$ . Используя радиус мотовила, получить дополнительные точки в нижней части петли.

Все линии, кроме окружности и трахойды, наносить на чертеж твердым острым карандашом так чтобы они не затеняли рисунок, на котором предстоит еще много построений.

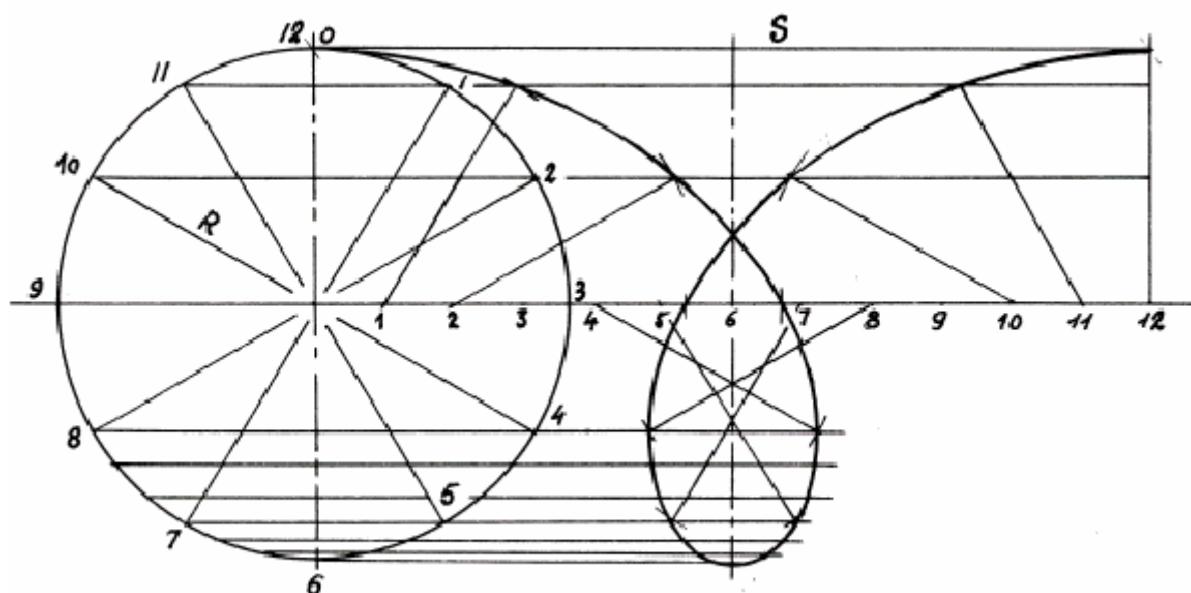


Рис.1 построение траектории планки мотовила

Построение траекторий трех смежных планок.

Построенную траекторию считаем первой. Поставить ее номер на окружности римской цифрой I. Разделить окружность на Z равных частей (формула 6). Пронумеровать полученные точки против часовой стрелки римскими цифрами I, II...Z (на рис.2 Z=5).

Через последнюю планку V(Z) провести горизонталь до пересечения с нисходящей ветвью траектории I. Расстояние по горизонтали от точки V(Z) окружности до траектории I это шаг мотовила  $S_z$ . Обозначить его на чертеже и сравнить значение с расчетным (ф.6).

Траектории планок II и V(Z) будут располагаться справа и слева от траектории I на расстоянии  $S_z$ . Перенося точки траектории I вправо и влево на расстояние  $S_z$ , получим точки, через которые пройдут еще две траектории: вторая-II и последняя V(Z).

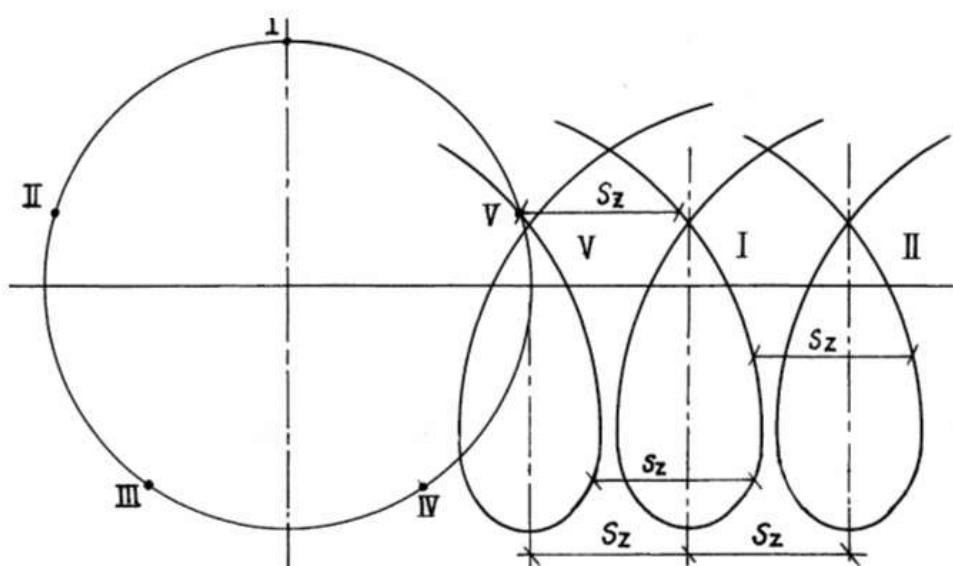


Рис. 2 Построение траекторий трех смежных планок

5.3. Схема совместной работы мотовила и режущего аппарата при отсутствии выноса мотовила.

Под осью мотовила на расстоянии  $H_{cp}$  (рис.3) провести горизонтальную линию, показывающую траекторию режущего аппарата. Ниже ее на расстоянии  $h_{cp}$  (таблица 3) провести поверхность поля.

От поверхности поля отложить вверх длину стеблей  $l_{cp}$  и провести горизонталь, показывающую высоту хлебостоя. Отметить пересечение этой горизонтали с траекториями планок точками 1 . Точки 1 соответствуют моментам вхождения планок в хлеб.

Из точки 1 средней траектории радиусом мотовила R сделать засечку на оси мотовила  $O_1$  и обозначить фазу вхождения планки в хлеб  $\omega_1$ . Далее определить фазы совместной работы мотовила и режущего аппарата для трёх вариантов, указанных в пункте 5.

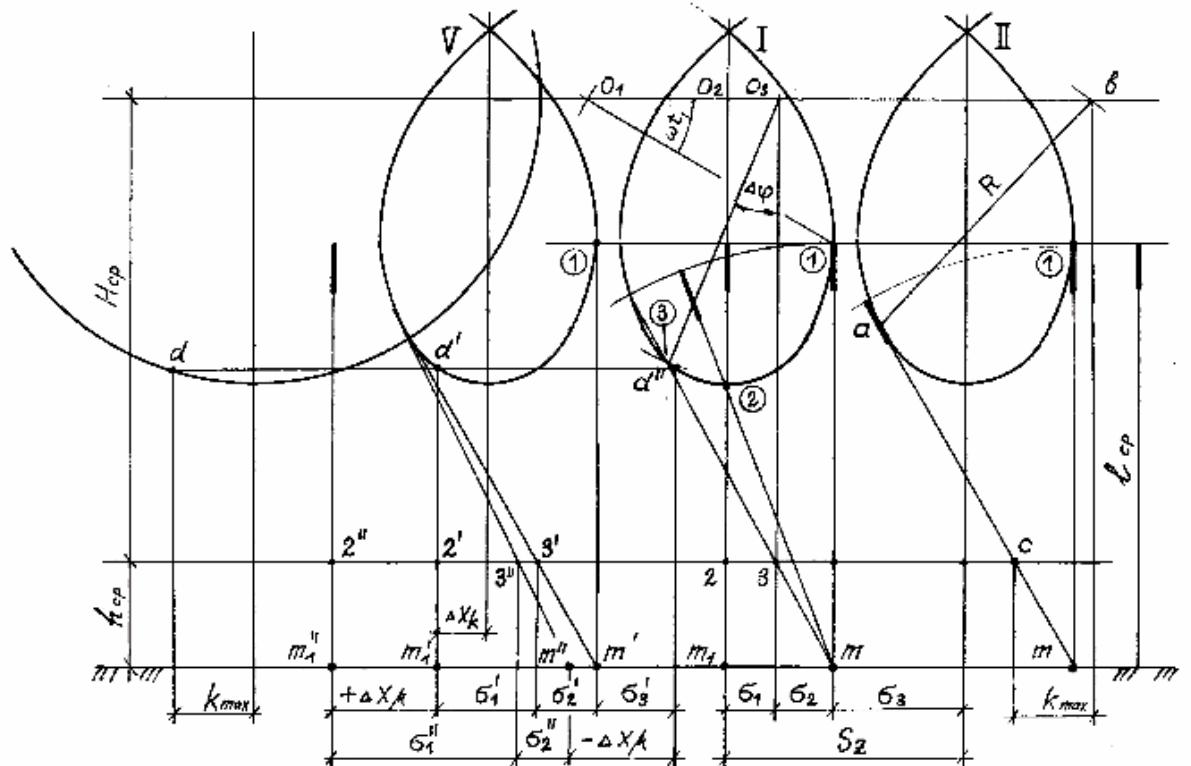


Рис. 3 Фаза совместной работы мотовила и режущего аппарата

5.3.1. Определение моментов начала и конца резания пучка стеблей, подаваемого планкой мотовила.

Выполним построение на траектории планки I. Точкой  $m$  на поверхности поля обозначить первый стебель, захватываемый планкой в точке 1. В этот момент режущий аппарат располагается под осью мотовила  $O_1$ , совместной работы планки с режущим аппаратом нет.

В последующие моменты планка наклоняет стебли навстречу режущему аппарату, формируя пучок. Когда планка окажется в т.2, ось мотовила будет располагаться в т. $O_2$ , режущий аппарат под осью в т.2. Вертикально стоящий стебель  $m_1$  – первый стебель пучка, срезаемого режущим аппаратом при содействии планки I. Последним в пучке будет срезан наклонённый стебель  $m$ . Момент его среза определим методом последовательных перемещений: оси мотовила – режущего аппарата – планки – стебля  $m$ . Следует помнить, что режущий аппарат в любой момент будет располагаться под осью мотовила, так как вынос мотовила отсутствует.

Задавшись небольшим перемещением оси по ходу машины, одновременно перемещаем на такую же величину режущий аппарат. Затем из нового положения оси мотовила радиусом  $R$  делаем засечку на петле и через полученную точку проводим луч  $m$ . И так до тех пор, пока не определится положение оси  $O_3$ , режущего аппарата 3, планки 3,

при которых отрезок m3 пройдёт через т.3. Планка мотовила при этом повернётся из вертикального положения на угол  $\Delta\phi$ .

Правильность построения необходимо проверить, определив угол  $\Delta\phi$  расчетным путём, для этого рассчитать последовательно два уравнения:

$$\sin(\Delta\phi + A) = \frac{H}{R} \cdot \sin A; \quad (15)$$

$$\tan A = \frac{R}{\lambda \cdot h} (\theta - \Delta\phi); \quad (16)$$

где  $\theta = \arcsin \frac{1}{\lambda} + \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi}{2}; \quad (16')$

$\theta$  – вспомогательная расчётная величина;

$A$  – вспомогательный угол, рад.

$\Delta\phi$  – угол поворота планки из вертикального положения до момента среза последнего стебля пучка, рад.

*Порядок решения:*

1. Рассчитать величину  $\theta$ .
2. По формуле 16 определить угол  $A$ , примерное значение угла  $\Delta\phi$  взять с чертежа.
3. Подставить значение  $A$  и  $\Delta\phi$  в равенство 15 и проверить его. Если левая и правая части равны, значит угол  $\Delta\phi$  взят с чертежа верно. Если равенства не получается, необходимо откорректировать значение  $\Delta\phi$ , вновь определить вспомогательный угол  $A$  и добиться равенства двух частей уравнения 15.

5.3.2. Фазы совместной работы мотовила и режущего аппарата при отсутствии выноса.

Убедившись в правильности построения определить по чертежу фазы:

$\sigma_1$  – фаза резания, – расстояние по горизонтали между точками 2-3;

$\sigma_2$  – фаза холостого хода, – между точками 3-1;

$\sigma_3$  – фаза пропусков, – расстояние между вертикалью 1 и осью следующей петли.

Учитывая масштаб изображения М 1:10, (М 1:7,5), записать значения фаз в таблицу 5.

Проверить полученные значения расчётом:

$$\sigma_1 = \frac{R}{\lambda} \cdot \Delta\phi; \quad (17)$$

$$\sigma_2 = \frac{B_{max}}{2} - \sigma_1; \quad (18)$$

$$\sigma_3 = \frac{R}{\lambda} \left( \frac{2\pi}{Z} - \theta \right). \quad (19)$$

Результаты записать в таблицу 5, расхождение между графическими и расчетными значениями не должно превышать 3%.

### 5.3.3. Коэффициенты, характеризующие работу мотовила

Подсчитать и записать в таблицу 5 коэффициенты:

$$\text{резания: } \eta_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}; \quad (20)$$

$$\text{холостого хода: } \eta_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}; \quad (21)$$

$$\text{пропусков: } \eta_3 = \frac{\sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}; \quad (22)$$

$$\text{полезности: } \eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}. \quad (23)$$

5. Показатели работы мотовила в первом режиме ( $\lambda_{\min} =$  ), 1-й вариант (  $k=0; \mu=0$  )

Способ определения	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\sum \sigma$	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta$
Графический								
Расчетный								

Дать краткий анализ полученных результатов.

5.4. Схема совместной работы мотовила и режущего аппарата при максимальном выносе мотовила.

#### 5.4.1. Максимальный вынос мотовила- $k_{\max}$ .

Максимальный вынос определить по методу проф. М.Н.Летошнева, построение выполнить на правой (планке Z) петле. Из точки  $m$  провести касательную  $m-a$  к траектории планки. Из точки касания  $a$  радиусом мотовила сделать засечку  $b$  на траектории оси. Обозначить точку  $c$  пересечения траектории режущего аппарата с касательной  $m-a$ . Расстояние по горизонтали между точками  $b$  и  $c$  есть вынос  $k_{\max}$ .

#### 5.4.2. Фазы совместной работы при максимальном выносе мотовила.

Определить только графическим методом.

Под начальной окружностью отложить влево от вертикальной оси максимальный вынос  $k_{\max}$  и провести вертикаль  $d$ . Через точку  $d$  провести горизонталь, на левой и средней петлях отложить точки  $d'$  и  $d''$ ; через эти точки провести вертикали. На вертикали

$d'$  располагается первый стебель  $m'_1$  пучка, срезаемого при выносе мотовила. Повторив на левой петле построение  $m-c-a$ , проставьте фазы  $\sigma'_1; \sigma'_2; \sigma'_3$ . Отрезок  $\Delta X_k$  показывает прибавку к активным фазам, полученную в результате выноса мотовила. Очевидно, что фаза пропусков  $\sigma_3$  уменьшилась на такую же величину и стала равной  $\sigma'_3$ . Значения фаз, учитывая масштаб изображения, записать в таблицу 6, посчитать и записать значения коэффициентов  $\eta_1; \eta_2; \eta_3; \eta$ ; проанализировать полученные результаты.

#### 6. Показатели работы мотовила в 1-м режиме

( $\lambda_{\min} = \dots$ ), 2-й вариант ( $k=k_{\max}; \mu=0$ )

Условия		Величины						
$\lambda_{\max} =$	$\sigma_1^1$	$\sigma_2^1$	$\sigma_3^1$	$\sum \sigma^1$	$\eta_1^1$	$\eta_2^1$	$\eta_3^1$	$\eta^1$
$k_{\max} = \mu = 0$								

5.5. Фазы совместной работы при максимальном выносе мотовила с учетом взаимодействия стеблей.

Рассчитать прибавку к активным фазам за счет взаимодействия стеблей:

$$\Delta X_\mu = (\sigma'_1 + \sigma'_2) \left( \frac{\lambda}{\lambda - \mu} - 1 \right) \quad (24)$$

где  $\sigma'_1$  и  $\sigma'_2$  - взять из таблицы 6  $\lambda$  и  $\mu$ - взять в соответствии с режимом (табл.4)

На чертеже увеличить фазу  $\sigma'_1$  на величину  $\Delta X_\mu$  и соответственно уменьшить фазу  $\sigma'_3$ . Если  $\Delta X_\mu$  окажется больше  $\sigma'_3$ , произойдет уменьшение и фазы  $\sigma'_2$ . Причем первый стебель пучка, захватываемый планкой, окажется в точке  $m''$ , а первый срезанный стебель - в точке  $m'_1$ . Момент среза последнего стебля определится точкой  $3''$ , которую вы получите проведя касательную к траектории из точки  $m''$ . В результате взаимодействия стеблей, как видно из рисунка, фаза  $\sigma'_1$  возрастет до значения  $\sigma_1''$ , фаза  $\sigma'_2$  может уменьшиться до значения  $\sigma_2''$  или останется без изменения, фаза  $\sigma'_3$  уменьшится или совсем исчезнет, если  $\Delta X_\mu$  окажется больше, чем  $\sigma'_3$ . Результаты оформить в виде таблицы, аналогичной таблице 6.

#### 5.6. Анализ полученных результатов.

Если мотовило спроектировано правильно, коэффициент полезности при выносе мотовила должен равняться единице  $\eta=1$ , а фаза  $\sigma_3'$  - отсутствовать. Наличие фазы  $\sigma_3'$  свидетельствует о том, что нужно увеличить показатель  $\lambda$ . Если только за счет выноса

мотовила (вариант 2) полностью исчезла фаза  $\sigma_3$  и произошло существенное уменьшение фазы  $\sigma_2$ , показатель режима работы  $\lambda$  необходимо уменьшить.

### **3.3.3 Результаты и выводы:**

Подводя итог, отмечаем, что в разделе 5 Вами выполнен анализ работы мотовила в режиме № 1, далее необходимо выполнить такой же анализ режимов 2 и 3. Все полученные результаты свести в таблицу 7.

В примечаниях к таблице 7 выделить неудачные варианты и указать пути их исправления.

Если к варианту замечаний нет, в графе «Примечания» сделать отметку «Без изменений».

### **3.4 Практическое занятие №5 (2 часа).**

**Тема:** «Автоматизированное проектирование»

#### **3.4.1 Задание для работы:**

1. Ознакомится с системой автоматического проектирования "Компас-3D".

#### **3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Основные понятия компьютерной графики. Точечные и векторные изображения. Представление точечного изображения в памяти компьютера. Понятие векторного изображения в машинной графике, управляющие параметры векторной графики, представление векторного изображения в памяти компьютера.

Преобразование векторного изображения в точечное – рендеринг. Преобразование точечного изображения в векторное – векторизация или трассировка. Основные недостатки точечных изображений. Преимущества векторного изображения.

Общие сведения о системах автоматизированного проектирования.

Определение и назначение САПР. САПР как организационно-техническая система. Разделение САПР на нижний, средний и верхний уровни. Универсальные и прикладные САПР.

Проектирование в среде компас.

Комплекс автоматизированных систем – КОМПАС, разработчик системы, история появления на отечественном рынке САПР.

Состав, назначение, возможности системы. Чертежно-графический редактор КОМПАС-ГРАФИК. Специализированные и собственные библиотеки. Средства разработки приложений КОМПАС-МАСТЕР. Технологическая подготовка производства в КОМПАС-АВТОПРОЕКТ.

Основы работы в системе компас-3d v9.

Общее описание системы. Запуск и структура системы КОМПАС-3D V9. Интерфейс системы КОМПАС-3D V9. Общее выпадающее меню. Основные панели инструментов. Основные операции с документами. Создание модели детали. Изменение масштаба изображения. Рабочие среды системы. Работа с переменными документа. Библиотеки системы.

Создание эскиза. Графическое окно в режиме Эскиз. Выпадающее меню в режиме Эскиз. Компактные панели в режиме Эскиз. Настройка параметров текущего эскиза. Создание нового эскиза. Построение вспомогательных плоскостей. Редактирование эскиза. Копирование объектов. Измерение объектов.

Создание модели детали. Графическое окно системы в режиме Деталь. Выпадающие меню в режиме Деталь. Компактные панели в режиме Деталь. Настройка

изображения элементов модели. Создание модели детали. Создание ассоциативного чертежа. Определение состояний видов и управление ими. Создание и редактирование разреза.

Создание чертежа. Графическое окно системы в режиме Чертеж. Настройка параметров текущего чертежа. Создание рабочего чертежа детали. Создание рабочего чертежа втулки. Создание рабочего чертежа вала.

Оформление чертежа. Простановка обозначений на чертеже. Главное окно системы в режиме Технические требования. Выпадающие меню в режиме Технические требования. Панели инструментов в режиме Технические требования. Компактная панель в режиме Технические требования. Ввод и редактирование технических требований. Окончательное редактирование чертежа.

Создание сборочных чертежей, сборок и спецификаций. Создание сборочных чертежей. Создание сборок. Создание под сборки. Создание спецификаций.

### **3.4.3 Результаты и выводы:**

Освоить основные системы автоматизированного проектирования и графические программы, используемые при проектировании различных объектов на компьютере; область применения графических программ; структуру, интерфейс, основные команды, инструменты, библиотеки и др. файловые менеджеры программы "Компас". Студент должен уметь: проводить сравнительный анализ и сравнительные оценки графических программ; применять программу "Компас" при проектировании простейших деталей, строить изображение объектов в изометрии, применять простейшие примитивы, использовать библиотеки стандартных деталей и сборочных единиц.

### 3.5 Практическое занятие №6 (2 часа).

Тема: «Составление расчетных схем агрегатов»

#### 3.5.1 Задание для работы:

1. Ознакомиться с принципами составления расчетных схем.
2. Ознакомиться с принципами построения расчетных динамических моделей.

#### 3.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

Под математической моделью машины подразумевают ее расчетную динамическую схему и систему дифференциальных уравнений описывающую ее динамику. Современное математическое моделирование динамики движения машины основано на следующих важнейших принципах (рис.1).

Принцип модульности отражает возможность и необходимость разработки отдельных математических моделей (модулей) основных подсистем машины: двигателя (силового агрегата), трансмиссии, системы подпрессоривания, движителя.

Принцип взаимосвязанности используется потому, что современная машина является сложной динамической системой, работа которой характеризуется переменным интенсивным воздействием со стороны внешней среды и водителя. Все подсистемы машины - двигатель, трансмиссия, подвеска, движитель - оказывают взаимное влияние как друг на друга, так и на эксплуатационные качества машины, совершенствование которых невозможно без знания и математического описания взаимосвязей, отражающих реальные условия функционирования системы.



Рис. 1 – Принципы построения расчетной динамической модели

Принцип учета управляющих и возбуждающих воздействий отражает необходимость задания и математического описания воздействий со стороны водителя (оператора) на органы управления машины (подача топлива, торможение, сцепление, переключение передач), а также на динамическую систему машины со стороны внешней среды. Как показывает практика, важнейшими из них являются макро- и микропрофиль дороги и аэродинамическое сопротивление.

Перечисленные выше принципы являются основными. Однако необходимо привести также еще несколько принципов, позволяющих на более высоком качественном уровне реализовать основные принципы.

Принцип учета нелинейных факторов обусловлен наличием в динамической системе машины элементов с нелинейной характеристикой (двигатель, детали трансмиссии с зазорами, демпферы колебаний, рессоры с межлистовым без смазочного материала трением и т.д.)» существенно изменяющих как качественно, так и количественно происходящие процессы. Математическая модель должна учитывать нелинейные характеристики машин для повышения точности расчетов.

Принцип соответствия частотных диапазонов отражает соответствие степени детализации расчетной схемы, а значит спектра собственных колебаний, с частотным диапазоном важнейших (определенными) возмущающих факторов.

Принцип комплексности отражает необходимость такого построения математической модели, при котором задачи тяговой динамики, топливной экономичности, плавности хода решаются с учетом влияния характеристик отдельных узлов и подсистем машины и процессов, происходящих в динамической системе.

Разработка математических моделей важнейших узлов и агрегатов машины включает разработку расчетной динамической схемы и ее математическое описание. При этом, прежде всего, необходимо определить инерционные и упругодемптирующие характеристики, учитывая, что машина в целом, как и ее основные подсистемы, является системой с распределенными параметрами. Однако такие подсистемы как, например, трансмиссия и подвеска, могут быть представлены в виде колебательных систем с дискретными сосредоточенными параметрами.

Основанием для дискретизации является проверенное экспериментально утверждение, что крутильные колебания в трансмиссии и колебания в системе подрессоривания машины имеют выраженный дискретный спектр собственных частот в диапазоне до 200 Гц для трансмиссии и до 90 Гц для подвески. Поэтому дискретные колебательные системы пригодны для рассмотрения процессов в этом диапазоне частот. Дискретизация систем проводится путем выделения элементов, относящихся к

сосредоточенным массам, и элементов, обладающих только податливостью. К сосредоточенным массам в трансмиссии относятся маховик, диски сцепления, корпуса агрегатов и т.д. Элементы, обладающие только податливостью, в первую очередь имитируют валы и специальные упругие детали. После дискретизации машину представляют в виде механической колебательной системы, состоящей из множества сосредоточенных масс, соединенных безынерционными упругими звеньями. Необходимо отразить также все кинематические связи, осуществляемые передачами различных типов.

Степень детализации расчетной схемы зависит от конкретной задачи исследования, частотного диапазона рассматриваемых процессов, требуемой точности расчетов. Следует также отметить, что возможны изменения в конструкции машины для улучшения ее показателей. Необходимо разработать отдельные математические модели таких подсистем машины, как двигатель, сцепление, механическая коробка передач, гидротрансформатор, вариатор, дифференциальный и планетарный механизм, движитель, система подпрессоривания и т.д., а также получить уравнения связи между этими подсистемами. В этом случае можно легко составить любую расчетную схему машины и трансформировать ее.

Математические модели состоят из типовых динамических элементов, а те, в свою очередь, из звеньев, которые могут быть динамические и кинематические. Динамические звенья отражают инерционные, упругие и диссипативные свойства, а кинематические описывают связи, накладываемые на перемещения звеньев. Основной характеристикой кинематического звена является число степеней свободы. Все разнообразие элементов динамических схем можно свести к следующим трем классам 1) передающие нагрузки (силы, моменты) на неподвижное звено (реактивные элементы); 2) передающие нагрузки другим подвижным звеньям (цепные элементы); 3) распределяющие нагрузки между несколькими звеньями (разветвляющие или дифференциальные механизмы) или собирающие нагрузки в узел (узловые элементы).

Приведенные типовые динамические звенья и элементы системы являются лишь частью всего их многообразия. Синтез динамических схем системы машины необходимо проводить на основе принципа взаимосвязанности. В этом случае выходное воздействие одного типового элемента является входным воздействием на другой типовой элемент. Входное воздействие на типовые элементы может оказываться также со стороны как двигателя, так и внешней среды. При практических расчетах эквивалентную динамическую систему машины упрощают, сокращая число элементов в зависимости от поставленной задачи.

Для математического описания расчетных динамических схем машины используют уравнение Лагранжа II рода. Для этого необходимо выразить потенциальную и кинетическую энергию динамической системы, диссипативную функцию и обобщенные силы. После преобразования получают систему дифференциальных уравнений второго порядка, которая в матричной форме запишется в следующем виде:

$$M\{s\} + B\{g\} + C\{g\} = P,$$

где  $M$  - матрица инерционных элементов;  $C$  - матрица жесткостей;  $B$  - матрица коэффициентов демпфирования;  $\{g\}$  - координатная матрица;  $P$  - вектор-столбец возмущающих факторов.

Размерность матриц  $M$ ,  $B$  и  $C$  определяется числом инерционных элементов (масс и моментов инерции) и числом степеней свободы динамической системы машины.

Следует отметить, что математические модели агрегатов, формирующих (создающих) входное возбуждающее воздействие на колебательную систему машины, имеют ряд особенностей: кроме определения инерционных и упругодемпфирующих характеристик звеньев исследуемого агрегата необходимо задать возбуждающее воздействие в виде силовых факторов. Например, математическая модель двигателя внутреннего сгорания должна описывать зависимость крутящего момента двигателя  $L/d$  от частоты вращения коленчатого вала и положения органа подачи топлива. Возбуждающее воздействие со стороны внешней среды достаточно подробно описано в литературных источниках.

Исследования многомассовой динамической системы целесообразно проводить в несколько этапов, начиная с расчета свободных и вынужденных колебаний по линейной математической модели. При этом расчет частот и форм свободных колебаний позволяет выявить структуру, связи и основные закономерности, присущие исследуемой системе, проанализировать влияние основных конструктивных параметров на частоты колебаний, получить частотный диапазон возбуждающих воздействий на машину и исключить резонансные явления. Расчет вынужденных колебаний дает возможность изучить влияние инерционных, жесткостных и демпфирующих характеристик динамической системы на ее амплитудо- и фазово-частотные характеристики. На последующих этапах исследования в расчетную схему вводят основные нелинейные характеристики, а также выбирают метод решения на ЭВМ системы дифференциальных уравнений, описывающих динамическую схему.

В соответствии с принципами построения расчетных динамических схем, изложенными выше, разрабатываются математические модели автомобилей и тракторов различных типов как многомассовых взаимосвязанных динамических систем. На рис. 2

приведены расчетные схемы автопоезда на базе автомобиля-тягача с колесной формулой 4x4 и гусеничного трактора.

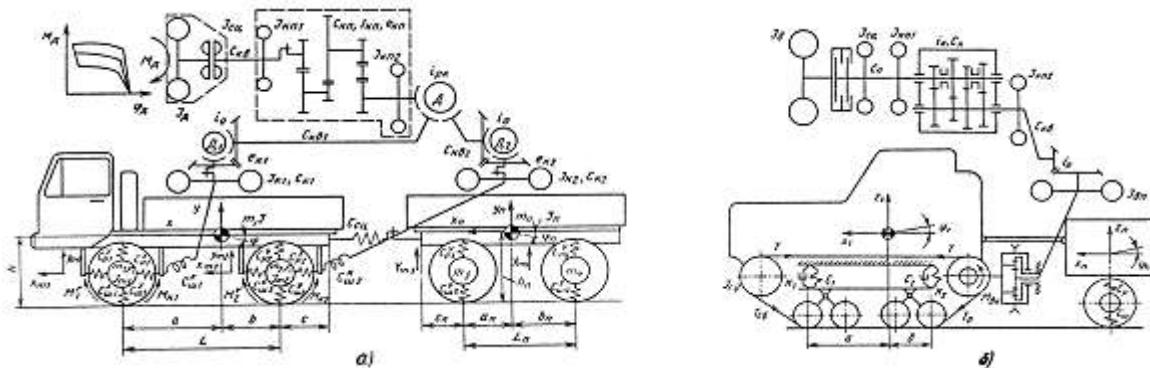


Рис. 2 – Расчетная динамическая схема:  
а – автопоезда; б – гусеничного трактора

( $J$  – момент инерции относительно поперечной оси, проходящей через центр масс;  
 $m$  – масса;  $C$  – жесткость;  $\Delta$  – дифференциал;  $i$  – передаточное число;  
 индексы: сц – сцепление; кп – коробка передач; кв – карданный вал; р – рессора; ш –  
 шина; к – колесо; п – прицеп)

Некоторые исходные данные для расчетных исследований берутся из технического задания на проектируемую машину, в котором определены области применения, дорожные условия и режимы эксплуатации, основные эксплуатационные свойства машины (мощность двигателя, максимальный крутящий момент, максимальная скорость и другие показатели), показатели массы и геометрических размеров и др. Другие исходные данные, такие как инерционные и упругодемпфирующие параметры динамической схемы определяются расчетно-экспериментальным путем по специальным методикам. При отсутствии экспериментальных или расчетных данных можно воспользоваться приведенными параметрами динамических систем распространенных типов машин. Мощность двигателя выражена в кВт, моменты инерции в  $\text{кг}^{\cdot}\text{м}^2$ , масса транспортной машины в кг, крутильные жесткости в Н  $\cdot$  м/рад, линейные жесткости в Н/м. При определении крутильной жесткости деталей машины исходят из того, что максимальный динамический момент на участке трансмиссии  $M_{\text{тр}} = K_{\text{д}} M_{\text{дв}} / i_{\text{тр}}$  (где  $K_{\text{д}}$  - коэффициент динамичности;  $M_{\text{дв}}$  - максимальный момент двигателя;  $/i_{\text{тр}}$  – передаточное число трансмиссии от двигателя к валу) закручивает отдельные участки на соответствующие углы  $\phi$ . Так, для валов коробок передач  $\Phi_{\text{шах}} = 0,05$  рад, для карданных валов  $\Phi_{\text{шах}} = 0,05$  рад. Для полуосей сртх=0,3 рад, для диагональных шин сртх= 0,2 рад, а для вертикальных шин сртх = 0,05 рад.

Расчет коэффициентов демпфирования по известным значениям логарифмического коэффициента колебаний отдельных деталей и узлов не представляет трудности и подробно описан в литературных источниках.

### **3.5.3 Результаты и выводы:**

Расчетная динамическая модель машины должна позволять рассчитывать и анализировать следующие случаи движения: трогание и разгон с переключением передач, торможение тормозами и двигателем, установившееся движение по дороге заданного микро- и макропрофиля. В этом случае, разработанная математическая модель машины с учетом перечисленных выше принципов позволяет проводить расчетные исследования с достаточной точностью тяговой динамики, топливной экономичности, динамической нагруженности и долговечности деталей и узлов транспортной машины, плавности хода и т.д.

### **3.6 Практическое занятие №7 (2 часа).**

**Тема:** «Проектирование СХМ с использованием ЭВМ»

#### **3.6.1 Задание для работы:**

1. Ознакомиться с методикой составления аналитических зависимостей для расчета на ЭВМ реакций в шарнирах и усилий в гидроцилиндрах при любых возможных параметрах манипулятора для множества возможных положений рабочего органа машины.

#### **3.6.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Практическое занятие выполняется студентами самостоятельно под руководством преподавателя во время аудиторных занятий в кабинете, оснащенном необходимыми наглядными пособиями и методическими указаниями.

Для выполнения работы группа, студентов разбивается на бригады, каждая из бригад получает индивидуальное задание. Члены бригады распределяют между собой работу по составлению уравнений для расчета реакций в шарнирах и усилий в гидроцилиндрах, например, по одному звену члену бригады. Уравнения сводятся в единую методику расчета, по которой каждый из членов бригады выполняет расчет для одного из возможных положений рабочего органа.

Исходные данные и краткие методические указания по выполнению практического занятия. Расчетные схемы приведены на рисунке 1, размеры металлоконструкции манипулятора и величины, действующих на него сил при выполнении контрольных расчетов выбираются студентами самостоятельно, в соответствии с параметрами технологического оборудования реально существующих машин.

Выбор осей координат и задание необходимых размеров.

Оси координат задают положение в пространстве рабочего органа лесохозяйственной машины. Целесообразно центр системы координат совместить с осью шарнира, соединяющего стрелу с поворотной колонной, а ось У направить вертикально (рис. 1).

Пример простановки размеров, необходимых для составления аналитических зависимостей, приведен на рисунке 1 а. Центры тяжести стрелы и рукояти манипулятора и гидроцилиндров привода можно ориентировочно располагать посередине звеньев.

В ходе разработки методики расчета вероятно возникновение необходимости нанесения дополнительных размеров. Все размеры должны определяться конструктивными параметрами машины и не зависеть от места расположения рабочего органа.

Составление аналитических зависимостей.

При выводе аналитических зависимостей для определения усилий в гидроцилиндрах и реакций в шарнирах следует рассмотреть в равновесии звенья манипулятора по отдельности, заменив цилиндрические шарниры их реакциями, а действия гидроцилиндров - усилиями, направленными вдоль их осей.

После замены связей на действие их реакций следует воспользоваться одной из форм уравнений равновесия для плоской произвольной системы сил, например, составить суммы проекций сил на две оси и сумму моментов сил относительно какой-либо точки. Кроме этого необходимо составить дополнительное уравнение для выполнения проверки правильности вычислений.

Для расчета проекций сил на оси и длин плеч сил необходимо знание ряда угловых величин, их зависимость от вылета манипулятора и его параметров может быть установлена с использованием тригонометрических функций и теоремы косинусов.

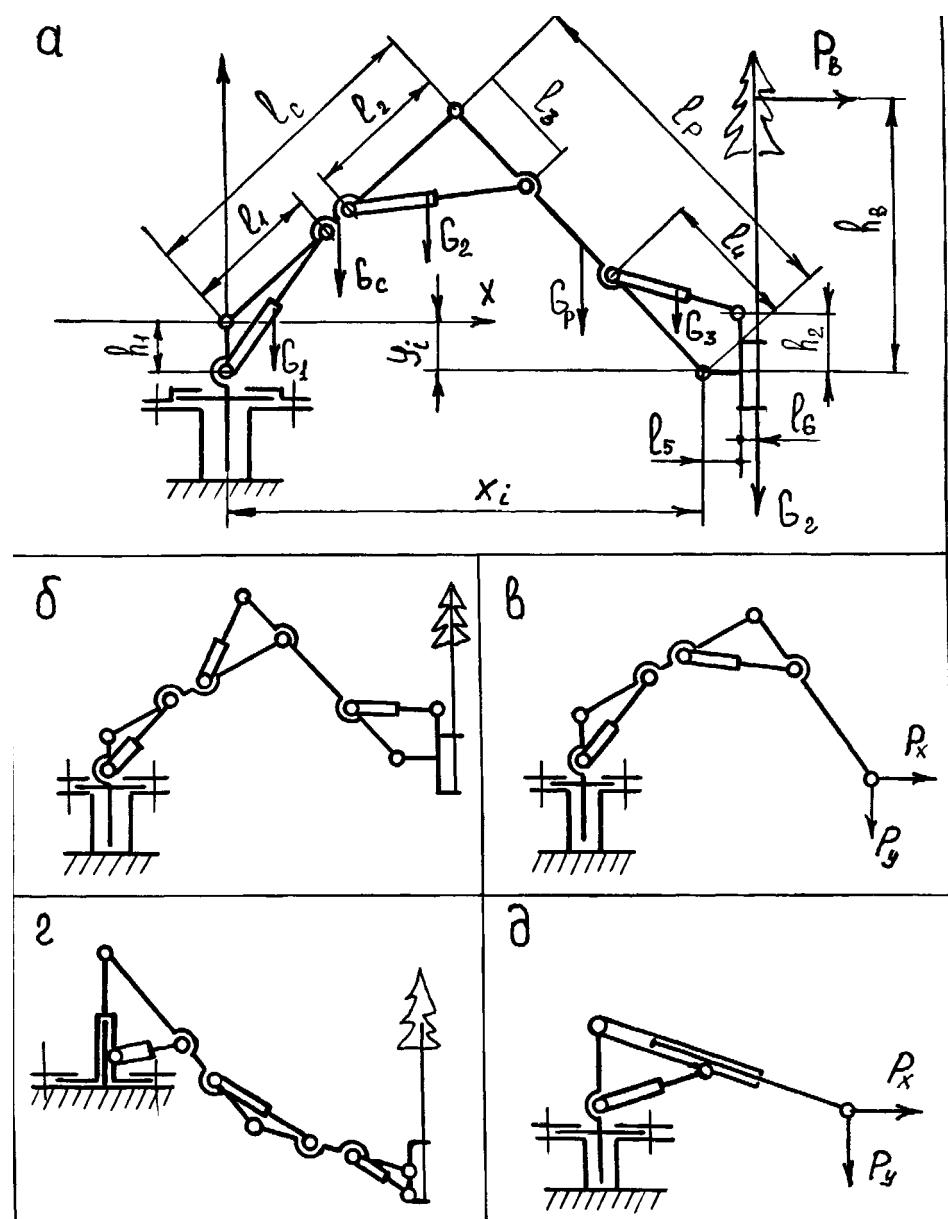


Рис. 1 – Схемы к расчету усилий в гидроцилиндрах и реакций в шарнирах манипуляторов

Составление программы для ЭВМ.

Программа составляется на языке программирования «Бейсик». Текст программы должен содержать операторы ввода исходных данных, расчеты угловых величин и реакций связей. Распечатка результатов расчета должна содержать текст, делающий понятными результаты расчетов.

### **3.6.3 Результаты и выводы:**

Приводятся расчетные схемы, исходные уравнения и окончательные зависимости для расчета силовых факторов, излагаются результаты вычислений для конкретных положений звеньев манипулятора, выполненные каждым членом бригады, текст программы и распечатку результатов расчета.

### **3.7 Практическое занятие №8 (2 часа).**

**Тема:** «Испытание почвообрабатывающих машин»

#### **3.7.1 Задание для работы:**

1. Научиться измерять износ деталей сельхозмашин, который происходит в процессе испытаний и работы машин, и определять их пригодность к дальнейшему использованию.

#### **3.7.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Общие положения.

Процесс совершенствования сельскохозяйственных машин происходит постоянно с целью повышения эффективности их использования. При этом изыскиваются возможности снижения веса машины в целом и отдельных ее элементов, улучшения качества работы, уменьшения износа деталей (рабочих органов) и продления срока их службы. Наиболее актуальна эта проблема для почвообрабатывающих машин и орудий, рабочие органы которых работают в абразивной среде при больших нагрузках. К таким машинам относятся плуги, культиваторы, плоскорезы и другие. Рассмотрим износ рабочих органов культиватора.

У культиваторов основным рабочим органом являются стрельчатые лапы, которые и подвергаются повышенному износу. Практика показывает, что, работая зачастую в тяжелых условиях (большая глубина, плотная почва, камни), лапы подвергаются не только износу, но и чрезмерным деформациям, которые приводят их к разрушению. Это обстоятельство является следствием работы с изогнутыми стойками, что недопустимо при правильной эксплуатации культиваторов.

Износ лап проявляется в затуплении лезвий, что ведет к неполному подрезанию сорняков, в деформации крыльев лап, что ведет к уменьшению ширины захвата лап и снижению перекрытия между лапами смежных рядов. Предельно допустимые показатели износа и деформации лап определяются измерением веса и геометрических параметров их в начале и в конце работы при достижении предельных значений агротехнических показателей.

Рассмотрим износ и деформацию стрельчатой культиваторной лапы на примере новой и отработавшей лап.

Применяемое оборудование и инструмент: координатор стрельчатых лап, весы до 1 кг, линейка металлическая, штангенциркуль, транспортир, ключи гаечные, новая и изношенная лапа, лист ватмана.

При испытании машин предусмотрено проводить первичную, текущую и заключительную техническую экспертизу (ОСТ 10.2.1-97). При первичной технической

экспертизе почвообрабатывающих машин необходимо провести оценку рабочих органов, которые в почве подвергаются значительному абразивному износу. Поэтому проводят весовые и геометрические измерения деталей до начала полевых работ.

В процессе работы в поле рабочие органы изменяют свое первоначальное состояние – износ, деформация, поломка или различное их сочетание. Чтобы установить причины изменения проводят заключительную техническую экспертизу, повторив все замеры первичной экспертизы. Если рабочий орган вышел из строя раньше времени проведения заключительной экспертизы всей машины, то замеры проводят в момент отказа рабочего органа.

При выполнении данной лабораторной работы проводится сравнительная оценка новой (первичная техническая экспертиза) и отработавшей культиваторных лап (заключительная техническая экспертиза). Для этого необходимо выполнить следующую работу:

- дать визуальную оценку новой и старой лапе;
- взвесить на весах раздельно обе лапы и вычислить разницу в граммах и в процентах;
- нанести контуры лап на бумагу и измерить длину и ширину захвата каждой лапы и угол схождения лезвий;
- измерить ширину крыльев лап в трех местах и вычислить разницу;
- оценить деформацию крыльев лапы в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Результаты измерений занести в таблицу по приведенной форме и дать заключение по пригодности изношенной лапы к дальнейшей работе.

Координатор стрельчатых лап.

Прибор предназначен для измерения геометрических параметров новых и старых стрельчатых лап культиваторов. С его помощью можно выполнить следующие измерения:

- габаритные размеры лап;
- ширину крыльев лап в определенных точках;
- деформацию крыльев лап относительно осевой линии лапы;
- искривление лезвий лап.

Координатор представляет собой опорную плиту трапециевидной формы со стойкой. На плите нанесены линии (канавки), которые можно использовать для координации мест измерения различных параметров. В стойке прибора установлено реечное зацепление, в котором крепится стойка культиваторной лапы. С помощью шестерни и зубчатой рейки лапу можно перемещать до касания с опорной плитой и проводить замеры по ее износу и деформации.

Выполнение работы.

Визуально оценить состояние новой и изношенной стрельчатых лап культиватора, определить места износа и деформации, ширину полосы твердого сплава на крыльях.

Взвесить лапы и результаты взвешивания занести в таблицу, вычислить разность.

Таблица 1 – Сравнительные показатели новой и изношенной стрельчатых лап культиватора

Измеряемые параметры	Лапы		Разность показателей	
	новая	старая	в физиче- ских единицах	в процен- тах
1. Вес , г 2. Габаритные размеры, мм длина ширины высота 3. Ширина крыльев , мм -правого: у основания посредине на конце -левого: у основания посредине на конце 4. Угол раствора лезвий, Градус 5.Зазор между лезвием и плоскостью плиты, мм -правого крыла -левого крыла 6. Ширина захвата лапы, мм				

Установить новую лапу на координатор, положить на опорную плиту бумагу, опустить лапу на бумагу и карандашом обвести режущие кромки. Под линейку соединить карандашом следы задних концов крыльев лапы. Затем по бумаге измерить длину и ширину лапы (габаритные размеры), угол раствора лезвий и занести в таблицу.

Опустить лапу до поверхности плиты, измерить габаритный размер – высоту. Оценить плотность прилегания лапы к плите. По канавкам опорной плиты наметить места для измерения ширины крыльев. Поднять лапу и штангенциркулем измерить в намеченных местах ширину крыльев, занести в таблицу.

Снять с координатора новую лапу и установить изношенную. Повторить те же оценки измерения, что и с новой. Дополнительно определить места, где крылья не прилегают к опорной плите, найти максимальные зазоры и измерить, занести в таблицу.

Провести анализ результатов измерений, приведенных в таблице, и сделать заключение о пригодности изношенной лапы к работе или к ремонту, отметить непригодность.

### **3.7.3 Результаты и выводы:**

Отметить этапы технической экспертизы рабочих органов почвообрабатывающих машин (первичная, текущая, заключительная). Отметить состояние новой и изношенной культиваторных лап по результатам визуальной оценки. Затем составить таблицу по приведенной форме, внести результаты измерений, вычислить разницу в значениях параметров. Провести анализ и сделать заключение.

### **3.8 Практическое занятие №9 (2 часа).**

**Тема:** «Испытание посевных машин»

#### **3.8.1 Задание для работы:**

1. Ознакомиться с методикой оценки неравномерности высева.
2. Ознакомиться с методикой оценки неустойчивости высева.
3. Ознакомиться с методикой определения высевающей способности сеялки.

#### **3.8.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Оценка функциональных (агротехнических) показателей работы сельскохозяйственных машин при испытаниях складывается из двух частей:

- характеристика условий испытаний;
- оценка качества выполнения технологического процесса.

Методика определения этих показателей для сеялок приведена в отраслевом стандарте ОСТ 10.5.1-2000. Этим стандартом предусмотрено для оценки функциональных показателей для сеялок проведение стендовых и лабораторно-полевых испытаний посевных машин. На стендовых испытаниях проверяется качество выполнения технологического процесса высевающими аппаратами сеялки, а на лабораторно-полевых – сошниками сеялки.

При проведении стендовых испытаний к показателям, характеризующим условия, относятся в основном показатели характеристики семян (чистота, влажность, всхожесть, размеры и др.) и удобрений (размер гранул, плотность, влажность и др.).

Качество выполнения технологического процесса зерновыми сеялками при стендовых испытаниях определяется следующими показателями:

- высевающая способность (минимальная и максимальная);
- неравномерность высева между аппаратами;
- неустойчивость общего высева;
- дробление семян;
- норма высева.

У сеялок с катушечными высевающими аппаратами пробы зерна отбирают непосредственно на выходе из аппаратов. У сеялок с централизованным дозированием пробы отбирают при выходе из семяпроводов и оценивают неравномерность высева.

Исследования зерновой сеялки с катушечными высевающими аппаратами проведем на лабораторной установке, имеющей семенной ящик и восемь высевающих аппаратов, с электроприводом.

Рассмотрим методики определения некоторых показателей качества работы высевающих аппаратов.

### Оценка неравномерности высева.

Одинаковый количественный высев каждым высевающим аппаратом сеялки оказывает влияние на распределение площади питания между растениями. Чем равномернее это распределение, тем лучше условия вегетации растений.

Работа высевающих аппаратов считается нормальной, если отклонение в высеве каждым аппаратом от среднеарифметического не превышает 12% при средней неравномерности высева 4%.

Неравномерность высева определяется между восемью аппаратами лабораторной установки при среднем положении высевающих катушек. Для проведения опыта заполнить ящик зерном (пшеница) и включить привод. После установления процесса нормальной работы под высевающие аппараты подводятся емкости для сбора зерна и начинается счет числа оборотов валика высевающих аппаратов. Сбор зерна проводится за 20 оборотов.

После 20 оборотов емкости убираются из-под высевающих аппаратов и установка выключается. Поступившее в емкости зерно взвешивается отдельно с каждого аппарата с точностью до 1г. Опыт проводится в трехкратной повторности. Результаты взвешивания заносятся в таблицу следующей формы (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка неравномерности высева

№№ высевающих аппаратов	Масса высевянных семян каждым аппаратом по повторностям, г			Сумма за три повторности, г	Среднее из трёх повторностей, г	Отклонение высева от среднеарифметической массы,	
	1	2	3			г	%
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$m_1$ 1	$m_2$ 1	$m_3$ 1	$\sum m_i$	$m_{cp1}$	$\Delta m_1$	$p_1$
2							
.							
n	$m_1$ n	$m_2$ n	$m_3$ n	$\sum m_n$	$m_{cpn}$	$\Delta m_n$	$p_n$
Сумма по восемьмь аппаратам				$\sum m_{cp}$	$\sum  \Delta m_i $	$\sum  p_i $	
Среднее арифметическое				$m_{cp}$	$\Delta m_{cp}$	$p_{cp}$	

Опытные данные обрабатываются в следующей последовательности. Вначале определяют среднее значение из трех повторностей высева каждым аппаратом (колонка 6). Просуммировав эти данные, и разделив на число аппаратов (в нашей установке – 8), получают среднеарифметическое значение высева одним аппаратом  $m_{cp}$ . Разность между среднеарифметическим значением  $m_{cp}$  и средним по каждому аппарату  $m_{cp1}$  дает

отклонения, которые характеризуют неравномерность высева отдельными аппаратами (колонка 7). Отношение этого отклонения к среднеарифметическому  $\frac{\Delta m_{cp}}{M_{cp}}$ , умноженное на 100, дает значение неравномерности в процентах (колонка 8).

Просуммировав отклонения в колонках 7 и 8 по абсолютному значению, и разделив на число аппаратов, получают значения средней неравномерности  $\Delta m_{cp}$  в граммах,  $p_{cp}$  – в процентах.

#### Оценка неустойчивости высева.

Высевающие аппараты всех видов сеялок должны обеспечивать постоянную норму высева при одной и той же установке на одном и том же виде семенного материала. Оценивают отклонения от постоянной нормы высева неустойчивостью общего высева, которая характеризует стабильность работы высевающих аппаратов.

Неустойчивость общего высева определяют по данным опытов, полученным при оценке неравномерности опытов. Для этого суммируют высев всеми аппаратами отдельно по всем повторностям опыта (колонки 2,3,4,5). Результаты расчетов сводят в таблицу следующей формы.

Таблица 2 – Оценка неустойчивости высева

Показатели	Повторности			Сумма трёх повторностей	Среднее из трёх повторностей
	1	2	3		
1	2	3	4	5	6
Масса семян, высеванных всеми аппаратами, г	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$\sum M_i$	$M_{cp}$
Отклонение от среднего, г	$\Delta M_1$	$\Delta M_2$	$\Delta M_3$	$\sum  \Delta M_i $	$\Delta M_{cp}$

Из трех повторностей находится средняя масса  $M_{cp}$ , высеванная всеми аппаратами за три повторности. Затем находится отклонение каждой повторности от среднего значения  $\Delta M_i = M_{cp} - M_i$ . Эти отклонения по всем повторностям суммируются по абсолютному значению  $\sum |\Delta M_i|$  и определяется среднее отклонение  $\Delta M_{cp}$ . Неустойчивость высева определяется по формуле

$$H = \frac{\Delta M_{cp}}{M_{cp}} \cdot 100, \%$$

Стандартами допускается неустойчивость высева для зерновых сеялок не более 2,8% для зерновых культур и 4% для бобовых (ГОСТ 26711).

Определение высевающей способности сеялки.

Высевающая способность сеялки определяется максимальной и минимальной нормами высева семян. Они зависят от длины рабочей части катушки и от передаточного числа в механизме привода валика высевающих аппаратов.

На сеялке с приводом высевающих аппаратов от колес настройки на максимальный и минимальный высев выполняются следующим образом. Для максимального высева устанавливают полную длину рабочей части катушки и подбирают в механизме привода передачу, обеспечивающую наибольшую частоту вращения катушек. Затем выполняют определенное число оборотов колеса, собирая высеваемые семена. Эти семена взвешивают. Вероятную площадь посева подсчитывают умножением длины обода колеса на число оборотов и на ширину захвата сошников от работающих аппаратов. Делением веса семян на площадь подсчитывают максимальную норму высева. Опыт повторяют три раза.

Минимальную норму высева определяют при установке минимально допустимой длине рабочей части катушек. Передаточное число в механизме привода подбирают таким, чтобы получить наименьшую частоту вращения катушек. Затем проводят опыты с вращением колеса, сбором и взвешиванием зерна, с расчетом нормы высева, как и при максимальной норме.

На лабораторной установке высевающую способность можно определить следующим образом. Регулятором высева установить наибольшую длину рабочей части катушек. Включить в работу установку и собрать семена, высеванные всеми аппаратами за 20 оборотов. Одновременно измерить время сбора семян за 20 оборотов. Взвесить собранные семена. Результаты измерений занести в таблицу следующей формы (таблица 3).

Задавшись скоростью движения агрегата (2...3 м/с), определить возможную длину засеянной площадки. Ширину площадки определить умножением количества сошников на ширину междуурядья (8x15 см). Рассчитать норму высева. Опыт повторить три раза. Регулятором высева установить минимальную длину рабочей части катушки. Для того, чтобы не было дробления зерна, минимальная рабочая длина катушки должна быть не менее 1,5 длины зерна. Поэтому взять в семенном ящике 20 зерен, измерить штангенциркулем их длину, вычислить среднюю. Умножить среднюю длину зерна на 1,5. Это и будет минимальная длина рабочей части катушки. Включить установку в работу, собрать семена, высеванные всеми аппаратами за 20 оборотов катушек, измерить продолжительность двадцати оборотов. Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица 3 – Оценка высевающей способности

Рабочая длина катушки, мм	Повторности	Масса вы- севаемых семян, г	Время опыта, с	Принятая скорость, м/с	Засеянная площадь, м <sup>2</sup>	Норма высева, кг/га
1	2	3	4	5	6	7
max	1			-	-	-
	2			-	-	-
	3			-	-	-
	средн.					
Min	1			-	-	-
	2			-	-	-
	3			-	-	-
	средн.					

Расчет нормы высева произвести следующим образом:

– рассчитать длину засеваемой площадки за опыт

$$\ell = V \cdot t_{cp},$$

где  $V$  – принятая скорость движения, м/с;  $t$  – среднее время опыта, с.

– рассчитать ширину засеваемой площадки:

$$B = b \cdot n,$$

где  $b$  – ширина междуурядия, м;  $n$  – количество высевающих аппаратов (сошников).

- определить засеваемую площадь

$$S = Bl, \text{ кв.м}$$

- рассчитать норму высева

$$N = 10m/S, \text{ кг/га},$$

где  $m$  – средняя масса семян, высеваемых за опыт, г.

Расчеты провести для максимальной и минимальной нормы высева.

### 3.8.3 Результаты и выводы:

Изучена методика проведения стендовых испытаний посевных машин. Выявлены наиболее значимые критерии оценки качества работы сеялок такие как, высевающая способность (минимальная и максимальная); неравномерность высева между аппаратами; неустойчивость общего высева; дробление семян; норма высева.

### **3.9 Практическое занятие №10 (2 часа).**

**Тема:** «Методы испытания зерноуборочной техники»

#### **3.9.1 Задание для работы:**

1. Установить порядок предоставления комбайна на испытания.
2. Представить перечень параметров, характеризующих конструкцию комбайна, и главные оценочные показатели при агротехнической оценке.

#### **3.9.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Порядок предоставления комбайна на испытания проводится в соответствии с ГОСТ 28305. Типовая программа испытаний включает виды оценок в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1. Типовая программа испытаний

вид оценки	вид испытаний	
	Приемочные, типовые	Периодически, квалификационные
Оценка технических параметров	+	+
Агротехническая оценка	+	-
Энергетическая оценка	+	-
Оценка безопасности и эргономичности конструкции изделия	+	+
Эксплуатационно-технологическая оценка	+	+
Оценка надежности	+	+
Экономическая оценка	+	-

До начала испытаний должны быть выполнены обкатка и регулировка машины в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Если в документации не указано конкретное требование, обкатка должна проводиться не менее 10 ч под нагрузкой.

Для определения показателей комбайна должен быть подобран испытательный участок с прямостоящим хлебостоем, удовлетворяющим следующим требованиям: урожайность зерна свыше 4 т/га, влажность зерна 10—18%, влажность соломы 10—20%, отношение массы зерна к массе соломы 1:0.8—1:1.5. Уклон поля не должен превышать 2%. Для крутоисклонных комбайнов уклон поля должен соответствовать предусмотренной инструкцией по эксплуатации. При отсутствии в зоне испытаний указанных условий допускается испытание комбайна в условиях, типичных для данной зоны, при этом заключение о соответствии комбайна требованиям МТД на него не дается.

Размеры испытательного участка, на котором определяют показатели качества работы комбайна и энергетические показатели, должен обеспечивать возможность проведения испытаний на всех запланированных режимах работы.

Для каждого режима работы участок должен состоять из дополнительной делянки, на которой комбайн набирает заданную скорость движения и входит в заданный технологический режим работы, и учетной делянки длиною не менее 25 м.

Проведение испытаний.

Определения параметров конструкций зерноуборочного комбайна.

Перечень параметров и показателей, определяющих конструкцию зерноуборочного комбайна

Общие параметры по зерну

Производительность (класс комбайна), т/ч

Коэффициент статической нагрузки шин колес: (ведущих, управляемых)

Габаритные размеры, м

Вместимость бункера зерна, м\*

Скорость движения комбайна (по передачам), км/ч

Количество точек смазки, всего в том числе: (ежесменных, периодических, сезонных)

Масса, кг

Радиус поворота, м

Двигатель

Мощность, кВт

Частота вращения вала двигателя, с-1

Вместимость топливного бака, л

Вместимость системы охлаждения, л

Жатка

Рабочая ширина захвата, м

Способ привода ножа

Частота вращения кривошипа, с-1

Высота среза, см

Диаметр шнека по цилиндру и по виткам, мм

Частота вращения шнека, с-1

Диаметр мотовила, мм

Частота вращения мотовила, с-1

Положение мотовила относительно спинки ножа, мм:

а) по высоте

б) по выносу

Наличие реверса в приводе рабочих органов

Молотильный аппарат

Тип молотильного аппарата

Ширина молотилки, мм

Частота вращения вала барабана, с-1

Диаметр барабана, мм;

Количество бичей или зубьев, шт.

Способ привода барабана

Способ регулирования частоты вращения

Тип деки

Способ регулирования зазоров между декой и бичами барабана

Зазоры между декой и бичами барабана, мм

- при входе

- при выходе

Зазоры между «зубьями барабана и деки, мм

- боковой зазор

- глубина входа зубьев

Приемный битер

Диаметр, мм

Частота вращения, с-1

Отбойный битер

Диаметр, мм

Частота вращения, с-1

Соломотряс

Тип

Количество клавишей

Длина клавиши, мм

Количество каскадов

Частота вращения ведущего вала, с-1

Шнеки и элеваторы

Частота вращения шнека, с-1

- зернового

- колосового

- выгрузного

Производительность выгрузного шнека, кг/с

высота конца выгрузного шнека, м

Время выгрузки бункера, с  
Очистные устройства  
Число очисток  
Тип решет  
Количество сменных решет  
Размер решет, м'

- верхнего
- нижнего

Максимальное открытие жалюзи или размеры ячеек, мм  
Размеры колосовой надставки, мм  
Частота вращения вала вентилятора, с-1  
Подборщик  
Марка  
Тип  
Способ привода рабочих органов  
Рабочая ширина захвата, и  
Частота вращения вала подбирающего механизма, с-1  
Ходовая часть  
Тип движителя  
Количество колес  
Размер покрышек колес, ми:

- передних
- задних

Давление в шинах. Ра  
Колея, им:

- передних колес
- задних колес

Тип тормозов  
Расстояние между ведущими и управляемыми колесами (база), м  
Гидравлическая система  
Тип насосов  
Количество насосов  
Рабочее давление в системе. МПа  
Вместимость, л  
Электрооборудование комбайна

Рабочее напряжение в сети, В

Мощность генератора, Вт

Емкость аккумуляторных батарей, А/ч

Вместимость зернового бункера комбайна определяют в единицах объема зерна, которое выгружается системой выгрузки комбайна. Зерно должно быть влажностью не более 15%. Максимальный уровень засоренности зерна —3%. Для полного освобождения зернового бункера и выгрузного устройства от зерна после того, как основной поток зерна высыпается, выгрузной механизм перед определением его производительности должен проработать минимум 1 мни и затем отключиться. Во время заполнения и выгрузки зернового бункера комбайн должен быть неподвижен, номинальный уровень загрузки бункера и скорость движения зерна устанавливаются механизмами подачи и молотилки.

Зерновой бункер заполняют собственной погрузочной системой, но не выше максимального допустимого уровня. Затем зерно выгружают системой выгрузки комбайна, работающей с номинальной скоростью.

Максимальную скорость выгрузки зернового бункера следует определять измерением объема зерна, выгружаемого в течение 30-секундного периода, который начинается через 5 секунд после того, как зерно впервые высыпается из выгрузного устройства. Скорость выгрузки следует выражать в литрах в секунду.

Время выгрузки зернового бункера следует рассчитать, измеряя в секундах время, необходимое для выгрузки 95% вместимости зернового бункера.

Среднюю скорость выгрузки зернового бункера следует определять делением 95% вместимости зернового бункера на время выгрузки зернового бункера.

Определение условий испытаний.

Номенклатура показателей, характеризующих условия испытаний комбайна и подлежащих определению должна соответствовать указанной в ГОСТ-28301-2007 приложении 2. Испытания комбайна должны проводиться при полной спелости зерна, но не позднее чем через 7 дней после ее наступления. Характеристика поля: размеры, длину гона, рельеф, уклон, влажность и твердость почвы должна соответствовать Т3 (ТУ).

Агротехническая оценка комбайна.

Агротехническую оценку зерноуборочного комбайна и его рабочих органов (жатки, подборщика, молотилки) проводят при лабораторно-полевых испытаниях. Главными оценочными показателями при агротехнической оценке являются;

- при испытании жатки:

а) скорость движения, км/ч:

- б) высота среза хлебной массы: среднее значение, см; стандартное отклонение, см; коэффициент вариации, %;
  - в) ширина захвата: среднее значение, м; стандартное отклонение, м; коэффициент вариации, %.
- г) потери зерна, %: суммарные потери.

в том числе:

свободным зерном, зерном в срезанных колосьях, зерном в не срезанных колосьях;  
- при испытании подборщика.

а) скорость движения, км/ч:

б) потери зерна, %

суммарные потери,

в том числе:

свободным зерном; неподобранным колосом;

- при испытании молотилки комбайна:

а) подача хлебной массы в молотилку, кг/с:

фактическая;

приведенная к нормативному значению показателей по урожайности, соломистости, влажности зерна и соломы, массы 1000 зерен;

б) пропускная способность молотилки комбайна, кг/с;

в) суммарные потери зерна молотилкой, %,

в том числе:

потери зерна в соломе, потери зерна в полове, потери зерна распылом, потери зерна из-за недостаточного уплотнения молотилки;

г) дробление зерна;

д) сорная примесь.

Определение агротехнических показателей при лабораторно-полевых испытаниях.

Подготовка к испытаниям и испытания.

На выбранном участке поля делают прокос. По обеим сторонам прокоса комбайн с испытуемой жаткой делает пробный проход на скорости движения, соответствующей требованиям.

При удовлетворительном технологическом процессе работы жатки делают учетные проходы. Если на заданной скорости движения комбайна отмечаются нарушения технологического процесса жатки, то скорость движения снижают до скорости, при которой технологический процесс протекает нормально, и затем делают учетный проход.

На учетных делянках комбайн должен двигаться без остановки, время прохождения учетной делянки измеряют секундомером с погрешностью 11,0 с. Длину учетной делянки измеряют мерным циркулем (колесом) с погрешностью не более 1,0 %. Результаты записывают в журнал испытаний.

Скорость движения агрегата  $v$ , км/ч, вычисляют по формуле

$$v = 3,6 \frac{L}{t}, \quad (1)$$

где  $t$  — время прохождения учетной делянки, с.

В конце учетной делянки комбайн останавливают, промолачивают массу, оставшуюся в комбайне, в течение 30 с, после остановки молотилки комбайна выгружают зерно из бункера, взвешивая его с погрешностью не более 1,0 %. Результаты взвешивания записывают в журнал испытаний. Массу зерна с учетной делянки используют для расчета потерь зерна за жаткой комбайна.

Определение показателей качества работы жатки.

Показатели качества работы жатки комбайна определяют на двух рабочих скоростях движения — максимальной согласно ТЗ (ТУ) и на 20%...30% ниже. В условиях, не соответствующих требованиям ТЗ (ТУ), определяют номинальную скорость. Параметры настройки рабочих органов жатки на рабочих скоростях не меняются, за исключением скорости вращения мотовила.

Число учетных делянок на каждом режиме должно быть не менее четырех, две в одну сторону и две в обратную (с учетом полегости), длина — не менее 50 м.

Для определения ширины захвата жатки в пределах учетной делянки до учетного прохода комбайна на расстоянии 1 м. от нескошенного стеблестоя ставят десять колышков с интервалом 5...10 м.

После прохода комбайна измеряют рулеткой расстояние от каждого колышка до нескошенного стеблестоя. Результаты записывают в форму Б.6 (приложение Б) ГОСТ 28301-2007. Ширину захвата вычисляют по разнице измерений до и после прохода комбайна. Среднюю ширину захвата вычисляют округлением до первого десятичного знака. Допускается проводить определение ширины захвата жатки с помощью маркера, установленного на жатку. Против каждого колышка по ширине захвата жатки делают не менее десяти измерений высоты среза для зерновых или длины стерни для бобовых культур. Для определения высоты среза линейкой измеряют расстояние от поверхности почвы до линии среза растений в естественном состоянии, длины стерни — в выпрямленном состоянии. Измерения проводят с погрешностью  $\pm 1$  см. Результаты

измерений записывают в форму Б.7 (приложение Б) ГОСТ 28301-2007 и вычисляют среднюю высоту среза или длину стерни, стандартное отклонение, коэффициент вариации. Вычисления проводят с округлением до целого числа.

Потери зерна за жаткой комбайна включают в себя потери свободным зерном и зерном в срезанных и не срезанных колосьях (метелках, бобах).

Для определения потерь зерна после прохода комбайна на стерню учетной делянки накладывают рамки. Для сбора потерь зерна в колосьях (метелках, бобах) применяют рамки длиной 2 м, шириной, равной рабочей ширине захвата жатки. Для учета потерь свободным зерном применяют рамку такой же ширины, длиной 0,15 м. Эта рамка накладывается на стерню внутри большей рамки. Собранное зерно взвешивают с погрешностью л 0,1 г. Результаты записывают в форму Б.8 (приложение Б) ГОСТ 28301-2007.

Массовую долю потерь зерна за жаткой комбайна в не срезанных колосьях  $q_{\text{н.к.ж}}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{\text{н.к.ж}} = \frac{10q_{\text{н.к.ж}}}{S_1 y_{\text{з.ж}}}, \quad (2)$$

где  $q_{\text{н.к.ж}}$  — потери зерна в несрезанных колосьях (метелках, бобах) за жаткой, г;

$S_1$  — площадь рамки для учета потерь зерна в несрезанных (срезанных) колосьях (метелках, бобах), м<sup>2</sup>;

$y_{\text{з.ж}}$  — урожайность зерна с учетной делянки при испытаниях жатки комбайна, ц/га.

Урожайность зерна  $y_{\text{з.ж}}$ , ц/га, при испытаниях жатки комбайна вычисляют по формуле

$$y_{\text{з.ж}} = \frac{G_3 Z_M}{LB_{\text{ж}}} + \frac{(q_{\text{н.к.ж}} + q_{\text{с.к.ж}})}{10S_1} + \frac{q_{\text{с.з.ж}}}{10S_2}, \quad (3)$$

где  $Z_M$  — содержание зернового материала (основного зерна и зерновой примеси) в зерне из бункера комбайна, %;

$B_{\text{ж}}$  — ширина захвата жатки, м;

$q_{\text{с.к.ж}}$  — потери зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) за жаткой, г.

$q_{\text{с.з.ж}}$  — потери свободного зерна за жаткой, г.

$S_2$  — площадь рамки для учета потерь свободного зерна за жаткой, г.

Массовую долю потерь зерна за жаткой комбайна в срезанных колосьях  $\Delta q_{c.k.j}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{c.k.j} = \frac{10q_{c.k.j}}{S_1 y_{z.j}}. \quad (4)$$

Массовую долю потерь свободным зерном за жаткой комбайна  $\Delta q_{c.z.j}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{c.z.j} = \frac{10q_{c.z.j}}{S_2 y_{z.j}} - \frac{10q_c}{S y_{z.j}}, \quad (5)$$

где S — площадь рамки для учета потерь зерна от самоосыпания, м<sup>2</sup>.

Суммарные потери зерна за жаткой комбайна  $\Delta q_{j.k}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{j.k} = \Delta q_{n.k.j} + \Delta q_{c.k.j} + \Delta q_{c.z.j}, \quad (6)$$

вычисления проводят с округлением:

- урожайности зерна — до первого десятичного знака;
- потерь зерна — до второго десятичного знака.

При испытаниях жатки комбайна необходимо подвязывать брезент под молотилку комбайна для сбора потерь зерна из-за недостаточного уплотнения молотилки, во избежание попадания их на учетную делянку.

На основании рабочих ведомостей составляют ведомость исходных данных результатов испытаний жатки комбайна по форме В.1 (приложение В) ГОСТ 28301-2007, которую передают для обработки на ЭВМ. Показатели качества выполнения технологического процесса жаткой комбайна после обработки записывают в форму А3 (приложение А) ГОСТ 28301-2007.

Определение показателей качества работы подборщика.

Для проведения испытаний подборщика должны быть заложены валки серийной валковой жаткой на оптимальной рабочей скорости. Показатели качества работы подборщика определяют на скоростях движения согласно определенным требованиям. Если на заданной скорости движения комбайна отмечаются нарушения технологического процесса подборщика, то скорость движения снижается до скорости, при которой технологический процесс протекает нормально, и затем делают учетный проход. Число учетных делянок длиной не менее 50 м на каждом режиме должно быть не менее трех. В конце учетной делянки комбайн останавливают, промолачивают массу, оставшуюся в комбайне, в течение 30 с, выгружают зерно из бункера и взвешивают с погрешностью не

более 1 %. Результаты измерений времени, пути и взвешивания зерна записывают в журнал испытаний.

Массу зерна с учетной делянки используют для расчета потерь зерна за подборщиком комбайна. Потери зерна за подборщиком комбайна включают в себя потери свободным зерном и зерном в срезанных колосьях (метелках, бобах). Потери определяют после прохода подборщика.

Для определения потерь зерна в колосьях (метелках, бобах) применяют рамки длиной 2 м. шириной, равной ширине валка плюс 0.5 м с обеих сторон валка. Для определения потерь свободным зерном в пределах указанной выше рамки накладывают на стерню вторую рамку такой же ширины, длиной 0.15 м. На каждом режиме потери зерна определяют в шестикратной повторности.

Собранное зерно взвешивают с погрешностью  $\pm 0,1$  г. Результаты записывают в форму Б.8(приложение Б) ГОСТ 28301-2007.

Массовую долю потерь зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) за подборщиком  $\Delta q_{c.k.p}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{c.k.p} = \frac{10q_{c.k.p}}{l_2 B_{ж} Y_{з.п}} - \Delta q_{c.k.p}, \quad (7)$$

где  $q_{c.k.p}$  — потери зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) за подборщиком, г;

$l_2$  — длина рамки для учета потерь зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) за подборщиком, м;

$Y_{з.п}$  — урожайность зерна с учетной делянки при испытаниях подборщика, ц/га;

$\Delta q_{c.k.p}$  — потери зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) в межвалковом пространстве за валковой жаткой. %.

Урожайность зерна  $Y_{з.п}$ , ц/га, при испытаниях подборщика вычисляют по формуле:

$$Y_{з.п} = \frac{G_3 Z_M}{L B_{ж}} + \frac{q_{c.k.p}}{10l_2 B_{ж}} + \frac{q_{c.z.p}}{10l_3 B_{ж}}, \quad (8)$$

где  $q_{c.z.p}$  — потери свободным зерном за подборщиком, г;

$l_3$  — длина рамки для учета потерь свободным зерном за подборщиком, м.

Массовую долю потерь свободным зерном за подборщиком  $\Delta q_{c.z.p}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{c.z.p} = \frac{10q_{c.k.p}}{l_2 B_{\text{ж}} Y_{z.p}} - \Delta q_{c.z.b}, \quad (9)$$

где  $\Delta q_{c.z.b}$  — потери свободным зерном под валком за валковой жаткой, %.

Суммарные потери зерна за подборщиком  $\Delta q_{\text{п}}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{\text{п}} = \Delta q_{c.k.p} + \Delta q_{c.z.p}, \quad (10)$$

Вычисления проводят с округлением;

- урожайности зерна — до первого десятичного знака;
- потерю зерна — до второго десятичного знака.

Потери зерна за валковой жаткой определяют перед подбором валков. Потери включают в себя потери свободным зерном под валком и потери зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) в межвалковом пространстве.

Для определения потерь зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) в межвалковом пространстве накладывают рамки длиной 2м, шириной, равной расстоянию между внутренними краями смежных валков.

Для определения потерь свободным зерном под валком часть валка осторожно приподнимают и убирают, а на его место накладывают рамку длиной 0,15 м, шириной, равной ширине валка плюс 0,5 м с обеих сторон валка. В пределах рамок зерно собирают и взвешивают с погрешностью  $\pm 0,1$  г. Результаты записывают в форму Б.8 (приложение Б) ГОСТ 28301-2007.

Массовую долю потерь зерна в срезанных колосьях (метелках, бобах) за валковой жаткой  $\Delta q_{c.k.b}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{c.z.b} = \frac{10q_{c.k.b}}{S'_1 Y_{z.p}}, \quad (11)$$

где  $q_{c.k.b}$  — потери зерна в срезанных колосьях за валковой жаткой, г;

$S'_1$  — площадь рамки для учета потерь зерна в срезанных колосьях за валковой жаткой, м<sup>2</sup>

Массовую долю потерь свободным зерном под валком за валковой жаткой  $\Delta q_{c.z.b}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{c.z.b} = \left( \frac{10q_{c.z.b}}{S'_2 Y_{z.p}} + \frac{10q_c}{S Y_{z.p}} \right) \frac{S'_2}{S'_2 - S'_3}, \quad (12)$$

где  $q_{c.z.b}$  — потери свободным зерном под валком за валковой жаткой, г;

$S_2'$  — площадь рамки для учета потерь свободным зерном под валком за валковой жаткой, м<sup>2</sup>

$S_3'$  — площадь рамки для учета потерь свободным зерном в межвалковом пространстве за валковой жаткой, м<sup>2</sup>

На основании рабочих ведомостей составляют ведомость исходных данных результатов испытаний подборщика по форме В.2 (приложение В), которую передают для обработки на ЭВМ.

Показатели качества выполнения технологического процесса подборщиком после обработки записывают в форму А.4 (приложение А).

Определение показателей качества работы молотилки комбайна.

На выбранном участке поля делают прокосы. Отступив от края поля не менее 50 м. размечают делянки для отбора проб. Длина делянки для всех зерновых колосовых культур должна быть не менее 40 м, для риса — не менее 30 м. При двухфазном способе уборки на участке под контролем агронома должны быть заложены валки серийной валковой жаткой на оптимальной рабочей скорости. Перед отбором проб комбайн должен быть настроен на оптимальный режим применительно к условиям испытаний и оборудован устройствами (пробоотборниками) для сбора проб соломы и половы раздельно.

Окончательно установленные параметры режима записывают в журнал испытаний.

Пробоотборники для отбора проб соломы и половы могут быть различной конструкции, но они должны обеспечивать выполнение следующих требований:

- учетные делянки комбайн должен проходить без остановок;
- отбор проб соломы и половы от молотилки комбайна должен обеспечиваться как раздельно, так и совместно;
- пробы должны отбираться в установившемся режиме загрузки молотилки, без нарушения технологического процесса работы комбайна, воздушного режима очистки, схода соломы с соломотряса, кинематического режима.

Во время отбора проб комбайн должен работать с максимальной шириной захвата жатки. При сравнительных испытаниях все комбайны должны быть отрегулированы на одинаковую высоту среза.

Показатели качества выполнения технологического процесса молотилкой комбайна определяют на трех скоростях движения комбайна, обеспечивающих подачу растительной массы:

- расчетную, соответствующую ТЗ (ТУ);
- 70%—80% от расчетной;

- 120%—130% от расчетной.

На каждом режиме пробы отбирают не менее чем в трехкратной повторности. В случае, если на подаче 120 %—130 % от расчетной потери зерна за молотилкой комбайна получены менее 1,5%, дополнительно проводят отбор проб на подаче более 130% от расчетной, при которой потери зерна составят 1,5 % или более этого значения.

В каждом опыте определяют:

- урожайность зерна;
- соломистость вороха;
- влажность зерна;
- влажность соломы;
- массу 1000 зерен.

Во время каждой повторности от комбайна отбирают следующие продукты обмолота для анализа:

- зерно из бункера;
- солому;
- полову;
- зерно, просыпавшееся на почву из-за недостаточного уплотнения молотилки.

Для отбора проб на выходе соломы и половы из комбайна устанавливают пробоотборники.

В момент начала поступления растительной массы на жатку комбайна включают секундомер.

После входа комбайна в установившийся режим включают в работу пробоотборник.

В конце учетной делянки комбайн останавливают, выключают секундомер и промолачивают оставшуюся в комбайне массу в течение 30 с. После остановки молотилки снимают пробоотборник и выгружают зерно из бункера.

При выгрузке зерна отбирают средний образец массой 2,0—2,5 кг для анализа, а также отбирают пробы соломы, половы и зерна для определения влажности.

Солому, полову и зерно, собранные с учетной делянки, взвешивают с погрешностью не более 1 %. Результаты записывают в формы Б.9. Б.10 (приложение Б).

Фактическую подачу  $Q_{\Phi}$ , кг/с, и приведенную  $Q_{\Pi}$ , кг/с, вычисляют по формулам:

$$Q_{\Phi} = \frac{Q_s + Q_c + Q_{\Pi}}{t}, \quad (13)$$

$$Q_{\Pi} = \frac{1,67(Q_c + Q_{\Pi})}{t}. \quad (14)$$

Для выделения потерь зерна пробы соломы и половы обрабатывают на лабораторной молотилке. При этом солому и половину необходимо подавать равномерно. Выделенное свободное зерно и зерно из вымоловченных колосков (метелок) очищают от мелких примесей и взвешивают с погрешностью  $\pm 1$  г. Результаты записывают в форму Б.11.

В процессе обработки проб необходимо тарировать лабораторную молотилку, для чего при обработке трех проб, отобранных на расчетном режиме загрузки любого из испытуемых комбайнов, ее устанавливают на брезент. После первой обработки всю соломистую массу (солому и полову) собирают и обрабатывают повторно. Зерно, выделенное при первом и повторном обмолотах, очищают и раздельно взвешивают с погрешностью  $\pm 1$  г. Результат записывают в форму Б.12 (приложение Б) ГОСТ 28301-2007

Коэффициент тарировки лабораторной молотилки  $\eta_M$  в относительных единицах вычисляют по формуле:

$$\eta_M = \frac{q + q_1}{q},$$

где  $q$  — масса потерь зерна при первом обмолоте пробы лабораторной молотилкой, г;

$q_1$  — масса потерь зерна при повторном обмолоте пробы лабораторной молотилкой, г.

Вычисления проводят с округлением до первого десятичного знака.

Потери зерна из-за недостаточного уплотнения молотилки комбайна определяют в трех повторностях на одном из режимов. При этом под комбайн (на стыке наклонной камеры с молотилкой, под молотилкой) подвязывают брезент. В конце опыта зерно, просыпавшееся на брезент, собирают в сумочку и взвешивают с погрешностью  $\pm 1$  г. Результаты записывают в форму Б.8 (приложение Б) и ведомость формы В.3 (приложение В).

Потери зерна распылом определяют только на уборке пшеницы из расчета 10 % дробленого зерна, полученного при анализе зерна из бункера комбайна, и относят их к суммарным потерям за молотилкой комбайна.

Потери зерна за молотилкой комбайна (соломотрясом, очисткой)  $q_M$ , г, вычисляют по формуле:

$$q_M = q_{h.c} + q_{h.p} + q_{c.c} + q_{c.p}, \quad (15)$$

где  $q_{h.c}$  — потери зерна недомопотом в соломе, г;

$q_{\text{н.п}}$  — потери зерна недомопотом в половине, г;

$q_{\text{с.с}}$  — потери свободным зерном в соломе, г,

$q_{\text{с.п}}$  - потери свободным зерном в попове, г.

Массовую долю потерь зерна недомолотом в соломе  $\Delta q_{\text{н.с}}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{\text{н.с}} = \frac{10q_{\text{н.с}}\eta_{\text{т}}}{G_s Z_m + q_m \eta_{\text{т}}}, \quad (16)$$

Массовую долю потерь зерна недомолотом в половине  $\Delta q_{\text{н.п}}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{\text{н.п}} = \frac{10q_{\text{н.п}}\eta_{\text{т}}}{G_s Z_m + q_m \eta_{\text{т}}}, \quad (17)$$

Массовую долю потерь свободным зерном в соломе  $\Delta q_{\text{с.с}}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{\text{с.с}} = \frac{10q_{\text{с.с}}\eta_{\text{т}}}{G_s Z_m + q_m \eta_{\text{т}}}, \quad (18)$$

Массовую долю потерь свободным зерном в половине  $\Delta q_{\text{с.п}}$  %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{\text{с.п}} = \frac{10q_{\text{с.п}}\eta_{\text{т}}}{G_s Z_m + q_m \eta_{\text{т}}}, \quad (19)$$

Массовую долю потерь зерна распылом  $\Delta q_{\text{д.р}}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{\text{д.р}} = D_{\text{др}} \cdot K_p, \quad (20)$$

где  $D_{\text{др}}$  — массовая доля дробленого зерна, % (согласно форме Б.13. приложение Б) ГОСТ 28301-2007:

$K_p$  — коэффициент распыла, равный 0,1.

Массовую долю потерь зерна из-за недостаточного уплотнения молотилки комбайна  $q_{\text{у.п}}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{\text{у.п}} = \frac{10q_{\text{у.п}}}{G_s Z_m + q_m \eta_{\text{т}} + q_{\text{у.п}}}, \quad (21)$$

где  $q_{\text{у.п}}$  — потери зерна из-за недостаточного уплотнения молотилки комбайна, г.

Суммарные потери зерна за молотилкой  $\Delta q_m$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta q_{y.p} = \Delta q_{n.c} + \Delta q_{n.p} + \Delta q_{c.c} + \Delta q_{c.p} + \Delta q_{d.p} + \Delta q_{y.p}. \quad (22)$$

Урожайность зерна на учетной делянке при испытаниях молотилки комбайна  $y_{z.m}$ , ц/га, счисляют по формуле:

$$y_{z.m} = \frac{G_s Z_m + 0,1 q_m \eta_t}{B_k L}. \quad (23)$$

Вычисления проводят с округлением:

- урожайности зерна — до первого десятичного знака;
- потеря зерна — до второго десятичного знака.

Для анализа бункерного зерна из среднего образца выделяют две навески по ГОСТ 13586.3. Анализ проводят по ГОСТ 30483. Навески разбирают на следующие фракции:

- основное зерно;
- зерновую примесь:

  - дробленое зерно;
  - зерно в колосках и пленках;
  - обрушенное зерно (для пленчатых культур);

- сорную примесь.

При анализе навески щуплое зерно и зерно других зерновых культур относят к основному, а все битые, независимо от величины отбитой части, относят к дробленому зерну.

К обрушенному зерну относят зерно, потерявшее полностью или частично оболочку. Зерно в колосках и пленках очищают, отход относят к сорной примеси, а зерно — к зерновой примеси. К сорной примеси относят органические и минеральные примеси, семена сорняков. Каждую фракцию взвешивают с погрешностью  $\pm 0,1$  г, результаты записывают в форму Б. 13 (приложение Б) ГОСТ 28301-2007.

Массовую долю дробленого (обрушенного) зерна  $\Delta_{dp}$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Delta_{dp} = \frac{q_{dp}}{q_n + q_{dp} + q_{kp}} \cdot 10^2, \quad (24)$$

где  $q_{dp}$  — масса дробленого (обрушенного) зерна, г:

$q_n$  — масса основного зерна, г;

$q_{kp}$  — масса зерна в колосках и пленках, г.

Содержание сорной примеси  $\Pi_c$ , %, вычисляют по формуле:

$$\Pi_{\text{с.}} = \frac{q_{\text{с.}}}{q_{\text{н.}}} 10^2, \quad (25)$$

где  $q_{\text{с.}}$  — масса сорной примеси, г;

$q_{\text{н.}}$  — масса навески, г.

Массу 1000 зерен определяют по двум навескам одного из опытов согласно ГОСТ 10842. На основании рабочих ведомостей составляют ведомость исходных данных результатов испытаний молотилки комбайна по формам В.3 и В.4 (приложение В) ГОСТ 28301-2007, которые передают для обработки на ЭВМ.

Обработка результатов агротехнической оценки комбайна.

Для построения графика зависимости потерь зерна молотилкой комбайна ( $y$ ) от приведенной подачи хлебной массы  $(\bar{X}_1)$  используют многофакторный корреляционно-регрессионный анализ. Основные факторы, влияющие на потери зерна молотилкой в модели:

- фактическая подача хлебной массы в молотилку  $(X_1)$ ;
- урожайность зерна  $(X_2)$ ;
- соломистость хлебной массы  $(X_3)$ ;
- влажность зерна  $(X_4)$ ;
- влажность соломы  $(X_5)$ ;
- масса 1000 зерен  $(X_6)$ .

Для обеспечения строгой сопоставимости результатов испытаний нового комбайна и аналога определяют приведенную подачу хлебной массы при одинаковых (средних за все опыты испытаний) значениях:

- урожайности зерна  $(\bar{X}_2)$ ;
- соломистости хлебной массы  $(\bar{X}_3)$ ;
- влажности зерна  $(\bar{X}_4)$ ;
- влажности соломы  $(\bar{X}_5)$ ;
- массы 1000 зерен  $(\bar{X}_6)$ .

По результатам испытаний строят график зависимости потерь зерна молотилкой комбайна от приведенной подачи хлебной массы.

Для описания полученной зависимости используют уравнения регрессии. Для выбора вида уравнения и определения его параметров проводят статистический анализ результатов испытаний, который должен включать:

- оценку значимости коэффициентов уравнений;
- оценку адекватности выбранного уравнения результатам испытаний.
- оценку тесноты зависимости потерь зерна от приведенной подачи комбайна по корреляционному отношению.

По результатам статистического анализа выбирают уравнение с более высоким значением корреляционного отношения. При значительном отличии параметров очистки нового комбайна и аналога строят график зависимости потерь зерна очисткой от подачи зернового вороха на очистку.

Пропускные способности очисток нового (испытуемого) и базового вариантов комбайнов сравнивают между собой при уровне потерь зерна за очисткой 1 % и строят график зависимости потерь зерна от подачи зернового вороха на очистку.

Показатели качества выполнения технологического процесса молотилкой комбайна после обработки на ЭВМ записывают в форму А.5 (приложение А) ГОСТ 28301-2007.

#### Энергетическая оценка.

Энергетическую оценку проводят в соответствии с нормативными документами с определением показателей, приведенных в форме А.6 (приложение А) ГОСТ 28301-2007. Энергетическую оценку машин проводят совместно с определением показателей агротехнической оценки на фонах и способах уборки, или самостоятельно аналогичными способами и при тех же условиях. Показатели определяют на трех подачах: расчетной (соответствующей ТЗ (ТУ) 70% - 80% и 120% - 130% от расчетной).

#### Оценка безопасности и эргономичности конструкции.

Оценку безопасности и экономичности зерноуборочных комбайнов проводят по ГОСТ 12.2 00 2 на соответствие ТЗ или ТУ ГОСТ 12.2.111. ГОСТ 122.019. ГОСТ 12.2.120 с определением показателей, приведенных в форме А7 (приложение А) ГОСТ 28301-2007.

#### Оценка надежности.

При проведении контрольных испытаний зерноуборочных комбайнов на надежность в зависимости от их целей в рабочую программу-методику включают показатели, которые регламентированы нормативными документами.

Оценку надежности зерноуборочных комбайнов проводят по нормативным документам с определением показателей по форме А.8 (приложение А) ГОСТ 28301-2007.

Оценку надежности зерноуборочных комбайнов осуществляют по результатам эксплуатационных испытаний в условиях нормальной эксплуатации по ГОСТ 25866.

Допускается оценка надежности серийно выпускаемых изделий по результатам наблюдений или разовых обследований в условиях реальной эксплуатации. Комбайны испытывают на видах работ, указанных в технической документации в соответствии с ГОСТ 24055.

На каждом виде работ комбайн испытывают на оптимальном режиме, определяемом по результатам эксплуатационно-технологической оценки.

Для сокращения сроков испытаний допускается проводить ускоренные испытания на надежность по нормативным документам при режимах, воспроизводящих эксплуатационные нагрузки. Наработку комбайнов измеряют часами основного времени, гектарами убранной площади, тоннами собранного зерна. Для учета наработки в часах основного времени необходимо проводить сплошной хронометраж.

В течение всего периода испытаний ведут учет выявленных отказов и повреждений. Определение затрат времени на отыскание и устранение отказов осуществляют пооперационным хронометражем. Погрешность измерения продолжительности операции — ±5 с.

Классификация элементов времени занятости каждого исполнителя при ремонте комбайна - по ГОСТ 21623. Трудоемкость выполнения отдельных ремонтных операций определяют путем суммирования времени, затраченного на выполнение технологической операции каждым исполнителем.

Затраты времени и труда на отыскание и устранение отказов в течение всего периода испытаний суммируют и учитывают при расчете показателей. Техническое состояние комбайна и отказавших деталей и узлов оценивают при проведении технической экспертизы.

Информацию по операциям технического обслуживания собирают и обрабатывают по ГОСТ 26026. Надежность комбайнов оценивают сопоставлением фактических показателей надежности с нормативными значениями.

Эксплуатационно-технологическая оценка комбайна.

Определение номинальной производительности комбайна.

Номинальную производительность комбайна определяют на одной преобладающей в зоне зерновой культуре, на преобладающем виде комбайнирования. Комбайн работает в варианте укладки соломы в валок.

Характеристика хлебостоя должна соответствовать требованиям ТЗ (ТУ) по урожайности, засоренности, влажности зерна и соломы, полегости и др. характеристикам.

Для определения номинальной производительности комбайна проводят опыты на трех режимах по производительности;

- расчетной согласно ТЗ;
- 70% - 80% от расчетной;
- 120% - 130% от расчетной.

Пробы отбирают в трехкратной повтор мости на каждом режиме работы комбайна, в установившемся режиме загрузки комбайна. Длина учетной делянки не менее 100 м.

В каждом опыте определяют.

- ширину захвата жатки;
- высоту среза;
- скорость движения комбайна;
- массу зерна, собранного за опыт;
- потери зерна молотилкой;
- дробление зерна;
- содержание сорной примеси.

Производительность комбайна  $W_i$ , т/ч. вычисляют по формуле:

$$W_i = 3,6 \frac{G_3 Z_m}{t_i 10^2}, \quad (26)$$

$G_3$  — масса бункерного зерна с учетной делянки. я:

$t_i$  — время наполнения бункера зерном, с.

Погрешность взвешивания — не более 1%.

Потери зерна за молотилкой комбайна определяют, используя один из пробоотборников;

- эластичную ленту (учетная делянка 10 м);
- эластичную емкость для сбора выхода соломы и половы (при длине учетной делянки 10 м);
- эластичные (резиновые) лотки (на учетной делянке длиной 100 м. в пятикратной повторности)

Собранные в пробоотборник потери зерна, попову, солому обрабатывают на лабораторной молотилке, выделяя из общей массы вороха потерянное зерно. Потери зерна

молотилкой  $\Delta q_m$ , %, вычисляют по формуле

$$\Delta q_m = \frac{q_m 10^2}{G_3 + q_m}, \quad (27)$$

где  $q_m$  — масса потерь зерна за молотилкой, выделенного на лабораторной молотилке с учетом коэффициента тарировки  $(\eta_t)$ , кг.

По результатам испытаний строят график зависимости суммарных потерь зерна молотилкой (в процентах) от производительности комбайна по зерну (т/ч). Аппроксимацию проводят с использованием алгоритма и программы многофакторного корреляционно-регрессионного анализа. Производительность, соответствующая допустимому уровню потерь зерна за молотилкой комбайна, соответствует номинальной производительности.

Определение эксплуатационных показателей работы комбайна.

Эксплуатационно-технологическую оценку комбайна проводят на уборке основных культур, составляющих не менее 70 % от общего объема работ (в часах), выполненных комбайном в данной зоне.

Продолжительность контрольной смены должна соответствовать ГОСТ 24055 и быть не менее восьми часов сменного времени. Для определения производительности, расхода топлива и коэффициентов, характеризующих все элементы времени смены, проводят сплошную хронографию рабочего времени комбайна по ГОСТ 24055.

Полученные значения эксплуатационных показателей на всех видах работ используют для расчета экономической эффективности комбайна в данной зоне. Главные оценочные показатели определяют по ГОСТ 24055 и записывают в форму А.9 (приложение А) ГОСТ 28301-2007.

Оценка качества выполнения технологического процесса комбайна.

При проведении контрольной смены определяют следующие показатели качества выполнения технологического процесса:

- суммарные потери зерна комбайном;
- дробление зерна;
- содержание сорной примеси в бункерном зерне;
- высоту среза.

Сравниваемые комбайны должны работать в варианте укладки побочного продукта в валок. Для определения суммарных потерь за комбайном используют следующие пробоотборники.

- эластичные (резиновые) лотки размером 50 x 1005 см, устанавливаемые по ширине захвата жатки;
- рамки из шпагата размером, соответствующим ширине захвата жатки, и длиной 50 см.

Оптимальный режим работы и технологические регулировки устанавливают согласно инструкции по эксплуатации комбайна, а также используют результаты определения номинальной производительности комбайна.

Для определения суммарных потерь зерна за комбайном в течение контрольной смены отбирают пробы в десятикратной повторности, соблюдая рандомизацию по времени. При использовании эластичных лотков для определения суммарных потерь зерна последние устанавливают в нескошенном хлебостое на всю ширину захвата жатки комбайна. Лотки располагают длинной стороной вдоль каждого межурядья. После прохода комбайна лотки собирают, выделенное из проб зерно взвешивают с погрешностью  $\pm 10$  мг.

При использовании рамок из шпагата для определения суммарных потерь зерна последние накладывают после прохода комбайна на всю ширину захвата жатки. В пределах рамки собирают срезанные и не срезанные колосья, свободное зерно. После обмолота колосьев и очистки проб от примесей зерно взвешивают с погрешностью  $\pm 10$  мг.

Суммарные потери зерна комбайном вычисляют по формуле:

$$\Delta q_k = \frac{10q_k}{S_k + y_z}, \quad (28)$$

где  $q_k$  — масса утерянного зерна комбайном в граммах из лотков или учетной рамки (при использовании учетной рамки  $q_k$  приводят за вычетом естественных потерь от самоосыпания);  $S_k$  — площадь лотков или учетной рамки, м<sup>2</sup>;  $y_z$  — урожайность зерна, ц/га. Для анализа бункерного зерна в течение смены отбирают не менее 10 проб для определения показателей качества согласно. После обработки результатов эксплуатационно-технологической оценки на ЭВМ данные записывают в формы А.9, А10 (приложение А) ГОСТ 28301-2007.

Экономическая оценка.

Экономическую оценку зерноуборочных комбайнов проводят по ГОСТ 23728—ГОСТ 23730 с определением следующих дополнительных экономических показателей: прямых эксплуатационных затрат, срока окупаемости дополнительных капитальных вложений, верхнего предела лимитной цены новой машины.

Прямые эксплуатационные затраты  $I$ , руб./т, руб/га, вычисляют по формуле:

$$I = Z + \Gamma + R + A + \Phi, \quad (29)$$

где  $Z$  — затраты на оплату труда обслуживающего персонала. руб/т, руб./га;

$\Gamma$  - затраты на горюче-смазочные материалы, руб./кг;

$R$  - затраты на техническое обслуживание и ремонт. руб./т, руб./га;

$A$  - отчисления на амортизацию, руб./т, руб./га;

$\Phi$  - прочие затраты (условия труда и техника безопасности, вспомогательные материалы), руб./т, руб./га.

Фактический срок окупаемости дополнительных капитальных вложений  $T_\Phi$  лет. вычисляют по формуле:

$$T_\Phi = \frac{\sum_{j=1}^n B_{h_j} + \sum_{j=1}^{n'} B_{b_j}}{(I_{b_j} - I_{h_j}) B_{z_j}}, \quad (30)$$

где  $B_{h_j}$ ,  $B_{b_j}$  — цена j-й новой и j-й базовой машин соответственно сравниваемых комплексов (без НДС и торговой наценки) с учетом затрат на доставку и монтаж оборудования соответственно, руб.;

$n$  — количество машин, входящих в состав нового комплекса, шт.;

$n'$  — количество машин, входящих в состав базового комплекса, шт.;

$I_{b_j}$ ,  $I_{h_j}$  — прямые эксплуатационные затраты по j-й базовой и j-й новой машинам соответственно, руб./т. руб./га;

$B_{z_j}$  — годовой объем работ на соответствующей операции в хозяйствующем субъекте в условиях данной природно-климатической зоны, т, га.

Верхний предел лимитной цены новой машины, входящей в комплекс.  $I_{l,b_j}$ , руб.. вычисляют по формуле:

$$I_{l,b_j} = \left[ \frac{\vartheta_r}{(a_j + E) \sum_{j=1}^n B_j} \pm 1 \right] B_{h_j}, \quad (31)$$

где  $\vartheta_r$  — годовой экономический эффект на выполнение годового объема работ в типичном хозяйстве с новым комплексом машин, руб.:

$a_j$  — амортизационные отчисления j-й машины нового комплекса;

$E$  — коэффициент эффективности капитальных вложений;

$B_j$  — цена j-й машины, входящей в новый комплекс, руб.;

$B_{nj}$  — цена  $j$ -й новой машины, входящей в комплекс, руб. 11.4 Результаты расчетов записывают в форму А.11 (приложение А) ГОСТ 28301-2007.

Обработка результатов испытаний.

Результаты измерений обрабатывают методами математической статистики по ГОСТ 15895.

Протокол испытания.

Протокол испытаний должен содержать следующие разделы:

1. Введение (цель испытаний и характеристика хода испытаний).
2. Описание машины (назначение, техническая характеристика, технологический процесс).
3. Условия испытаний.
4. Результаты испытаний.
5. Заключение.
6. Приложение.

### **3.9.3 Результаты и выводы:**

Установлен порядок предоставления комбайна на испытания, а также необходимые оценки для заключения выводов о качестве зерноуборочных комбайнов. Представлена основная перечень параметров, характеризующих конструкцию комбайна, и главные оценочные показатели при агротехнической оценке.

Определены агротехнические показатели при лабораторно – полевых испытаниях и их методы определения. Построены алгоритмы для обработки агротехнической оценки и оценки на надежность комбайна зерноуборочного. Приведены основные формулы для определения эксплуатационно-технологической и экономической оценки.