МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И.А. КОРОБЕЙНИК

ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

учебно-методическое пособие

Владикавказ, 2020

УДК 631.35:633/635
ББК 40.711

Составитель: КОРОБЕЙНИК И.А. - к.т.н., доцент кафедры ЭМТП

Рецензент: ***Цгоев А.Э.***, к.т.н., доцент, кафедра тракторы и сельскохозяйственные машины ФГБОУ ВО Горский ГАУ

Коробейник И.А. Теория и расчет машин и оборудования в растениеводстве: учебно-методическое пособие / под ред. И.А. Коробейника. /– Владикавказ: ФГБОУ ВО Горский ГАУ, 2020. – 104 с.

В пособии рассматриваются основы теории и расчета рабочих органов и технологических режимов работы почвообрабатывающих и посевных машин, а также машин для внесения удобрений и машин для защиты растений от сельскохозяйственных вредителей и болезней. Приведены теоретические и практические предпосылки выбора рациональных параметров рабочих органов и конструкции сельскохозяйственных машин и орудий.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных и практических работ по дисциплине «Теория и расчет машин и оборудования в растениеводстве» студентами магистратуры очной и заочной форм обучения факультета механизации сельского хозяйства, обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия», направленность подготовки: Технические системы в агробизнесе. Данное издание подготовлено в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - магистратура по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия (Приказ Минобрнауки России №709 от 26.07.2017 г.).

Рекомендовано Центральным учебно-методическим советом ФГБОУ ВО Горский ГАУ в качестве учебно-методического пособия (протокол №5 от 5 марта 2020 г.).

© Издательство ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2020

ВВЕДЕНИЕ

При выполнении сельскохозяйственных операций наблюдается взаимодействие обрабатываемого материала с рабочими органами, параметры которых влияют как на качество протекания технологического процесса, так и на силовые характеристики, обуславливающие энергозатраты. Поэтому для правильного и рационального функционирования инженерно - технической службы в сельском хозяйстве инженеру нужны глубокие знания конструкции и теории рабочих процессов сельскохозяйственных машин, умение настраивать эти машины на оптимальный режим работы в зависимости от изменяющихся свойств и состояния обрабатываемого материала. Именно поэтому в данном учебно-методическом пособии освещаются основы теории и расчета рабочих органов сельскохозяйственных машин и особенности технологических процессов, раскрываются основные закономерности, связывающие качество работы и расход энергии с технологическими свойствами обрабатываемых материалов.

В пособии рассматриваются основы теории и расчета рабочих органов и технологических режимов работы почвообрабатывающих и посевных машин, а также машин для внесения удобрений и машин для защиты растений от сельскохозяйственных вредителей и болезней с целью дать студенту магистратуры знания по оптимизации конструктивно-режимных параметров рабочих и технологических процессов работы сельскохозяйственных машин.

Изложены основополагающие принципы выбора типа и обоснования параметров рабочих органов с учетом физико-химических характеристик объектов воздействия, а также их корректировка в связи с изменяющимися условиями работы сельскохозяйственных машин в растениеводстве.

Перечень планируемых результатов обучения

В результате выполнения лабораторно-практических работ студент магистратуры, направления подготовки **35.04.06** «Агроинженерия», должен обладать следующими компетенциями:

- способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (**УК-1**);
- способность собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информации по теме исследования, выбирать методики и средства решения задачи (**ПК УВ-7**);
- способность осуществлять поиск оптимальных решений при выполнении технологических процессов в сельскохозяйственном производстве с учетом агротехнических требований (**ПК УВ-13**).

В результате изучения дисциплины магистр *должен овладеть:*

знаниями и знать:

- условия функционирования сельскохозяйственных машин;
- методы расчета и оптимизации конструктивно-режимных параметров рабочих и технологических процессов работы сельскохозяйственных машин;
- методы обоснования, разработки и проектирования основных параметров и режимов работы посевных и посадочных машин и их рабочих органов;
- основные направления и тенденции развития научно - технического прогресса в области сельскохозяйственной техники;
- самостоятельно осваивать конструкции и рабочие процессы новых сельхозмашин;
- практически реализовать на ЭВМ расчетные модели рабочих и технологических процессов посевных и посадочных машин;
- обосновывать, разрабатывать и проектировать более совершенные рабочие органы, узлы и сельхозмашины.

умениями и навыками:

- теоретически оптимизировать конструктивные и режимные параметры работы машин;
- технически производить элементы технического сервиса (настройку и регулировку) машин на заданные режимы работы;

- определять причины нарушения технологического процесса машин и устройств, устранять их неисправности;
- осваивать конструкцию перспективных машин и технологических комплексов;
- проводить технологические и эксплуатационные расчеты отдельных узлов и механизмов средств механизации;
- проектирование на ЭВМ новых рабочих органов, машин и их технологических процессов.

Полученные знания необходимы студенту магистратуры при освоении последующих дисциплин ООП – «Особенности проектирования с.-х. машин и оборудования», «Компьютерные технологии в науке и производстве в агроинженерии».

РАБОТА №1
Определение углов и коэффициентов трения скольжения почв различной влажности по стали

Цель работы. Изучить основные физические и технологические свойства почвы; овладеть практическими навыками определения коэффициента трения скольжения; экспериментальным путем определить коэффициенты трения скольжения (динамический) и покоя (статический).

Теоретическая часть

Под технологическими свойствами почвы следует понимать лишь те ее физические свойства, которые существенно влияют на закономерности и характер протекания технологических процессов ее механической обработки. К технологическим свойствам почвы относят прочностные, фрикционные, липкость, пластичность, упругость, вязкость и хрупкость.

Фрикционные свойства почвы оказывают значительное влияние на процессы ее механической обработки, так как до половины полезного тягового усилия энергетического средства, агрегатирующего почвообрабатывающую или иную машину (кроме транспортных агрегатов), расходуется на преодоление сил трения почвы о рабочие поверхности почвообрабатывающих машин и орудий.

Фрикционные свойства проявляются в виде трения. При этом различают трение скольжения и трение качения. Возникновение сил трения почвы о рабочие поверхности почвообрабатывающих рабочих органов (внешнее трение) возникает при перемещении машин во время выполнения последними технологических операций. Рабочие органы воздействуя на пласт почвы, разрыхляют её и нарушают связи между отдельными структурными почвенными агрегатами, перемешивают растительные остатки и сдвигают слои почвы относительно друг друга, между которыми возникает внутреннее трение. С целью снижения энергетических затрат на обработку почвы требуется проводить основную или поверхностную почвообработку в установленные агротехнические сроки комбинированными агрегатами, при оптимальной влажности или физической спелости почвы.

Таким образом, **сила трения** – это сила сопротивления или сила реакции, вызванная действием активной силы, стремящейся создать скольжение поверхности одного тела относительно другого при нормальном давлении. При изменении активной силы сила трения может изменяться от нуля до своего предельного значения ($0 \le F_{тр} \le F_{max}$). Максимальное значение силы трения определяется по формуле:

$$F_{max} = N \cdot f = N \cdot tg\,\varphi, \qquad (1)$$

где N – сила нормального давления, Н; (реакция от действия силы G),

f – коэффициент трения, зависящий от свойств материала соприкасающихся тел;

φ – угол трения.

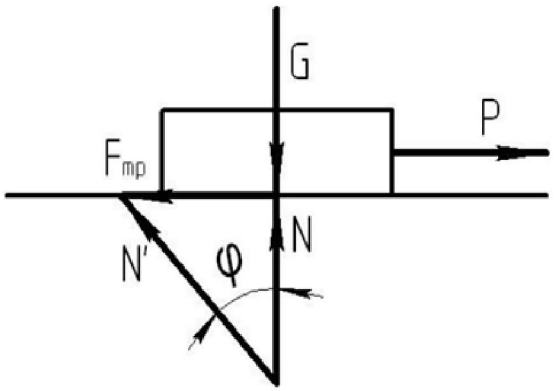


Рисунок 1.1 – Схема сил, действующих на элемент почвы при его движении по плоскости

Максимальное значение силы трения N' (рис. 1.1) по теореме Пифагора равно - $N' = \sqrt{N^2 + F_{тр}^2}$.

Коэффициент трения почвы величина непостоянная, зависит от многих факторов, но главным образом от механического состава и влажности. Изменение значения коэффициента трения в зависимости от механического состава показано на рисунке 1.2.

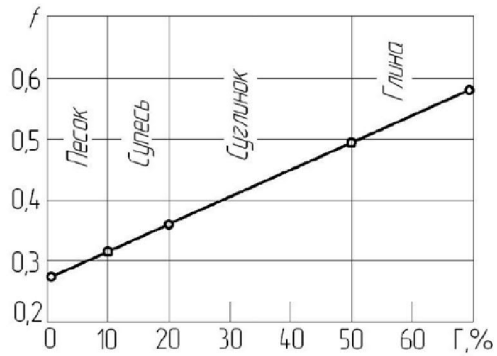


Рисунок 1.2 – Зависимость коэффициента трения от механического состава почвы.

Содержание фракции размером d < 0,01 мм

С увеличением связности почвы, т.е. с увеличением в почве «физической глины» коэффициент трения увеличивается. Одной из причин является то, что в маловязких песчаных почвах отдельные песчинки не скользят, а перекатываются по поверхности трения.

Еще большее влияние на коэффициент трения оказывает влажность почвы, рисунок 1.3. При относительно низкой влажности (участок ав) почвенная влага не поступает к поверхности трения и наблюдается «истинное» или сухое трение. С увеличением влажности почвы от 8...10% до 30...45% возникают и увеличиваются силы молекулярного притяжения почвенных частиц к поверхности металла (отрезок вс), и процесс вступает в фазу внешнего трения – прилипания. Коэффициент трения достигает максимума. При дальнейшем увеличении влаги в почве, когда обеспечивается непрерывный ее приток к поверхности контакта почвы с металлом, влага играет роль смазки и коэффициент трения уменьшается (отрезок, cd).

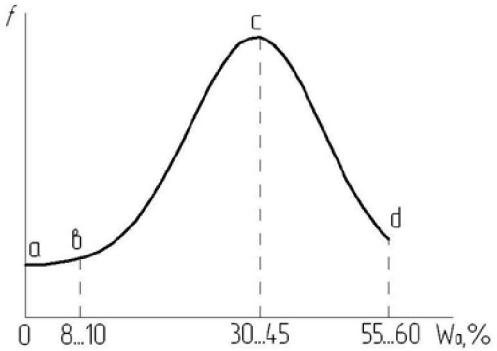


Рисунок 1.3 – Зависимость коэффициента трения от влажности почвы.

Как отмечает в своей работе Синеоков Г.Н. [5]: «Влажность почвы существенно влияет как на расход энергии при обработке почвы, так и на качество производимой работы». При вспашке суглинистых и глинистых почв происходит образование крупных пересохших глыб, последующая обработка которых невозможна и требует накопления влаги в осенне-зимний период. Переувлажнение почвы отрицательно сказывается на качестве обработки вследствие сильного налипания почвы и растительных остатков, их сгруживания и обволакивания рабочих органов.

Коэффициент трения *f* для различных почв колеблется в пределах 0,25…0,90, а угол трения φ – в пределах 14…42°. Для ориентировочных расчетов, т.е. без учета механического состава и влажности почвы, принимают $f = 0,5$, что соответствует $\varphi = 25^0 31'$.

С производственной точки зрения при вспашке крайне важно уменьшить трение, так как сила трения на лемешно-отвальной поверхности составляет 30…40% всего сопротивления плуга. Наиболее перспективные способы снижения силы трения: полировка и покрытие различными полимерными материалами рабочих органов, применение вибрации и активных рабочих органов, изменение геометрической формы рабочих органов.

Коэффициент трения покоя (статистический коэффициент трения) можно определить из условия, что тело переходит из состояния покоя в состояние движения, если движущая сила достигает максимального значения силы трения $F_{\Pi max}$. Например, тело, помещенное на наклонную плоскость (рис. 1.4), стремится удержаться на ней за счет силы трения, которая уравновешивает составляющую силы тяжести $G \cdot \sin\alpha$. В момент начала скольжения тела по плоскости:

$$G \sin\alpha = F_{\Pi max},$$

где α – угол между телом и наклонной плоскостью.

$$F_{\Pi\, max} = tg\varphi_{\Pi} \cdot G \cdot \cos\alpha,$$

где $F_{\Pi max}$ – максимальная сила трения;

φ_{Π} – угол трения покоя.

Следовательно: $G\sin\alpha = tg\varphi_П \cdot G\cos\alpha$

откуда: $tg\varphi_П = tg\alpha$, $\alpha = \varphi_П$

Коэффициент трения покоя между телом и плоскостью находится через угол α: $f_П = tg\alpha$.

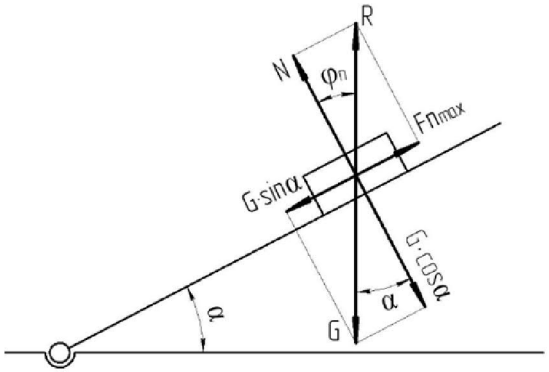


Рисунок 1.4 – Силовая схема для определения угла трения покоя.

Практическая часть

Для определения коэффициента трения покоя используется прибор (рис. 1.5), состоящий из горизонтальной плиты 1, наклонной плоскости 2, на которой устанавливается короб 3 с исследуемым материалом. Угол наклона плоскости 2 изменяется при помощи электродвигателя 4. В короб 3 засыпается исследуемый сельскохозяйственный материал, на который устанавливается исследуемая поверхность трения 5. Включением электродвигателя осуществляется изменение угла наклона плоскости 2 до момента начала скольжения поверхностного трения. Фиксируется значение угла α по шкале транспортира.

В качестве исследуемых сельскохозяйственных материалов используются почва, минеральные удобрения, семена сельскохозяйственных культур и т. д.. В качестве конструктивных материалов – сталь, дерево, стекло.

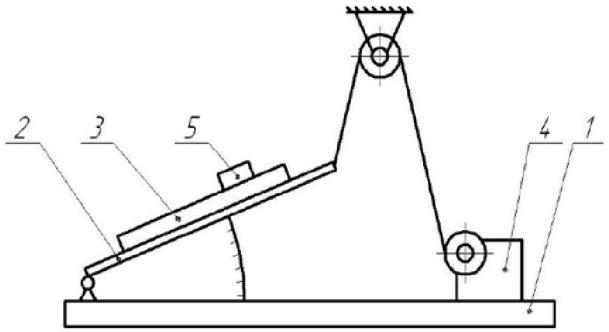


Рисунок 1.5 – Схема прибора для определения углов трения покоя:
1 – плита; 2 – наклонная плоскость; 3 – короб; 4 – электродвигатель; 5 – поверхность трения.

Для каждого образца конструктивных материалов и сельскохозяйственных материалов эксперименты проводятся с трехкратной повторностью.

Результаты замеров и расчетов заносятся в таблицу 1.1.

В работе Бартенева И.М. [5] отмечается, что: «Интенсивность изнашивания рабочих органов орудий зависит от механического состава и влажности почвы, а также наличия в ней каменистых включений. Чем больше в почве содержится песчаных частиц размером 1,00…0,25 мм, тем больше абразивный износ металла; при этом большую роль играют наиболее твердые минералы – кварц, микротвердость которого выше лемешной стали и достигает 800…1000 кг/мм. Увеличение плотности и твердости почвы ведет к увеличению абразивного износа металла, так, закрепление песчаных зерен в массе почвы увеличивается. Износ рабочих органов и затупление лезвий лап культиваторов, сошников сеялок, ножей фрез, лемехов плугов и дисков лущильников ухудшает подрезание сорняков и снижает качество выполняемой работы. Затупление лезвий увеличивает тяговое сопротивление машины, нарушает устойчивость глубины хода и способствует интенсивному распылению почвы. Все это отрицательно сказывается на долговечности деталей и сроке службы рабочих органов и машин [5, С. 120]».

При **оптимальной влажности** структурная почва легко и хорошо крошится, на ее обработку расходуется минимальное количество энергии.

Методика определения коэффициента трения скольжения

Для определения коэффициента трения скольжения используют лабораторную установку (рис. 1.6).

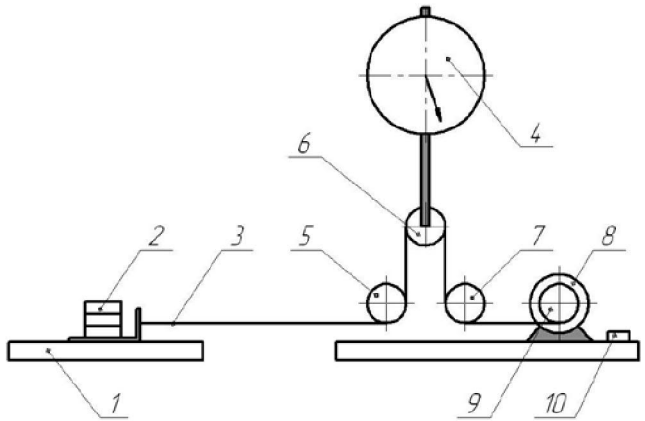


Рисунок 1.6 – Схема установки для определения коэффициента трения скольжения.
1 – почвенный канал; 2 – сменная площадка; 3 – тросик; 4 – динамометр; 5,6,7 – полиспаст; 8 – электродвигатель; 9 – шкив; 10 – выключатель.

Установка состоит из почвенного канала 1, площадки со сменными пластинами трения и балластными грузами 2, динамометра 4, электродвигателя 8 с выключателем 10. Поверхность трения тросиком 3 через промежуточные полиспасты 5,7 и полиспаст 6 связана со штоком динамометра 4 и шкивом 9 электродвигателя. С целью изучения коэффициентов трения различных материалов о почву на площадке 2 в специальном углублении могут устанавливаются пластины трения из следующих материалов: сталь, дерево, фторопласт, органическое стекло, бронза. При включении электродвигателя 8, шкив 9 наматывает на барабан тросик 3, который перемещает площадку с установленной пластиной трения по исследуемому материалу, при этом сила натяжения тросика равна силе трения скольжения. Значение силы трения фиксируется по показаниям стрелки динамометра 4 до момента сгруживания почвы перед стенкой площадки, соединенной с тросиком 3. Для получения усредненного значения коэффициента трения опыты проводят троекратно. Значения для каждого типа поверхности трения фиксируются отдельно и затем анализируются.

Результаты замеров и расчетов заносятся в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты замеров и расчетов

Исследуемый с.-х. материал	Поверхность трения	α, град	f	$f_{ср}$	φ, град

Контрольные вопросы

1. Что понимают под технологическими свойствами почвы?
2. Как влияет влажность почвы на величину тягового сопротивления рабочих органов сельскохозяйственных машин?
3. Из каких основных элементов состоит прибор для определения углов трения покоя?

РАБОТА №2
Определение липкости почвы

Цель работы: Овладеть практическими навыками определения липкости почвы.

Оборудование и приборы. Установка для определения липкости почвы, весы технические, линейка, образцы почвы различной влажности.

Теоретическая часть

Липкость почвы - это способность ее частиц прилипать к различным телам, а также склеиваться. Она проявляется двояким образом: как сопротивление при скольжении почвы по поверхности рабочих органов машин (корпусов плуга, лап культиваторов, сошников, сеялок и т.п.) и как сопротивление при отрыве находившихся в контакте с ней твердых тел (качении колес, движении гусениц и т.п.).

Залипание почвой рабочих органов и колес ухудшает качество работы и увеличивает тяговое сопротивление почвообрабатывающих машин. Для уменьшения залипания дисковые бороны оснащаются междисковыми чистиками, либо каждый диск закрепляется на индивидуальной стойке. Машины для глубокой обработки почвы комплектуются чистящими лопатками, представляющими собой держатель из полой трубы круглого сечения с заточенной пластиной на одном из концов.

Сопротивление скольжению в случае прилипания определяется по формуле:

$$T_{пр} = P_o \cdot S + p \cdot N \cdot S, \text{ Н},$$

где P_o – удельная касательная сила прилипания при отсутствии нормального давления, Па;

S – видимая площадь контакта, м^2;

p – коэффициент, выражающий интенсивность действия удельных касательных сил прилипания, вызываемых нормальным давлением, 1/м^2;

N – сила нормального давления, Н.

Липкость почвы зависит главным образом от ее механического состава (дисперсности), влажности, материала рабочего органа и

удельного давления (напряжение, создаваемое на поверхности контакта). С увеличением дисперсности липкость почв возрастает, поэтому глинистые почвы более липкие, чем песчаные; бесструктурные более липкие, чем структурные. Липкость начинает проявляться лишь при определенной влажности: для почв с нарушенной структурой при относительной влажности 40... 50%, для структурных почв – 60...70%. Зависимость удельной силы прилипания от влажности для различных материалов представлена на рисунке 2.1.

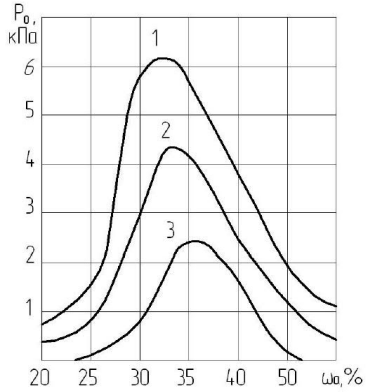


Рисунок 2.1 – Зависимость удельной силы прилипания Po от абсолютной влажности почвы Wa:
1 - сталь; 2 - капрон; 3 - фторопласт.

С увеличением влажности липкость сначала возрастает, а затем снижается, прилипание почвы к капрону и фторопласту значительно меньше, чем к стали.

Экспериментальными исследованиями [4] установлено, что максимальным эффектом для устранения налипания почвы является замена стальных отвалов полимерными (из фторопласта и полиэтилена). Компанией Iqcomposite (Украина) производятся изделия из высокопрочного композитного пластика Tekrone и используются предприятиями агарного сектора для почвообработки.

При определенной влажности почвы прилипание и трение действуют совместно, при этом оба процесса проявляются одновременно в виде сопротивления скольжению почвы на рабочей поверхности почвообрабатывающих орудий.

Тогда

$$T_{общ} = F_{тр} + T_{пр} \quad (2.1)$$

где $F_{тр}$ – сила трения скольжения почвы по материалу рабочего органа;

$T_{пр}$ – сопротивление скольжению в случае прилипания.

Почва будет налипать на рабочую поверхность почвообрабатывающего орудия, если силы сцепления и трения между почвенными частицами или агрегатами движущегося пласта меньше, чем силы трения и прилипания между почвой и рабочей поверхностью.

По Н.А Качинскому оптимальная влажность почвы для ее обработки на 2...3% меньше влажности начала прилипания почвы к металлу. Показателем липкости почвы является удельное сопротивление отрыва штампа от поверхности образца почвы, выраженное в кПа.

В зависимости от липкости почвы подразделяют при их наименьшей влажности на 5 категорий (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Состояние почвы в зависимости от липкости

Состояние почвы	Липкость, кПа
Предельно вязкая	более 1,5
Сильновязкая	0,5…1,5
Средневязкая	1,5…0,2
Слабовязкая	0,2…0,05
Рассыпчатая	0,05…0,01

С увеличением липкости ухудшается качество обработки почвы и повышается тяговое сопротивление орудия.

Величина липкости измеряется усилием в г на см^2, требующимся для отрыва от почвы прилипшего к ней диска или пластины, и выражается в единицах давления - МПа, кг/см^2 или Н/см^2.

Методика определения липкости почвы (по Корчагину А.А.) [6]

Установка для определения липкости почвы (рис. 2.2) состоит из рамки 1, на которой закреплены опоры осей двуплечего рычага 2 и нажимного рычага 4. На двуплечем рычаге 2 с одной стороны шарнирно закреплен штамп 6, а с другой стороны емкость 5 для сыпучего груза, используемого для отрыва штампа. На конце прижимного рычага 4 закреплен груз 7 для прижатия штампа 6 к исследуемой почве, находящейся в поддоне 8. Поддон устанавливается и фиксируется на горизонтальной площадке рамки 1. После прижатия штампа к почве, нажимной рычаг осторожно фиксируется на крючке 3. В емкость 5 засыпается песок до тех пор, пока штамп не оторвется от исследуемой почвы.

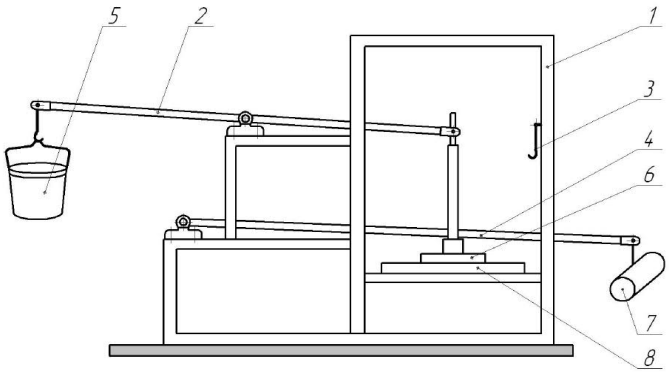


Рисунок 2.2 – Схема установки для определения липкости почвы:
1 – рамка; 2 – рычаг двуплечий; 3 – крючок; 4 – рычаг нажимной; 5 – емкость; 6 – штамп; 7 – груз; 8 – поддон.

Порядок выполнения работы:

1. Замерить и рассчитать площадь штампа.

2. Заполнить поддон 8 исследуемой почвой, предварительно определив ее влажность. С помощью рычага 4 и груза 7 прижать штамп 6 к почве. Обеспечить равномерное и регулируемое истечение песка в емкость 5. Одновременно с отрывом штампа 6 отсечь истечение песка. Опыты проводятся с трехкратной повторностью.

3. Определить силу отрыва штампа равную силе тяжести сыпучего груза в емкости 5, взвесив на весах сыпучий груз.

4. Результаты замеров производить для образцов почвы с влажностью 20, 25, 30, 35 и 40%.

5. Определить липкость почвы для каждого экспериментального образца.

6. На основании данных анализа составляют график зависимости липкости от влажности. По оси ординат откладывают липкость (г/см^2), на оси абцисс - влажность (%) [6].

7. Проанализировать полученную графическую зависимость.

Контрольные вопросы

1. Что такое липкость почвы?
2. Какие основные факторы определяют липкость почвы?
3. Как классифицируются почвы по липкости?
4. Какие методы предлагаются для уменьшения залипания рабочих органов сельскохозяйственных машин (сеялок, плугов, культиваторов)?

РАБОТА №3

Определение установочных параметров дискового орудия и их влияния на качество обработки почвы

Цель работы. Изучить влияние параметров дисковых орудий на показатели качества их работы.

Теоретическая часть

Дисковые рабочие органы применяются на плугах, лущильниках, дисковых боронах, комбинированных почвообрабатывающих агрегатах, картофельных сажалках. Наиболее широкое распространение диски получили на орудиях для поверхностной обработки почвы - лущильниках и боронах. В последнее время появились многорядные дисковые бороны - «дискаторы».

Почвообрабатывающие диски лущильников, борон и плугов представляют собой часть сферы радиусом R, отсеченную плоскостью SS. Большое влияние на технологические показатели работы диска оказывают его параметры: диаметр D, угол заточки i, а также связанный с ним задний угол ε (рис. 3.1).

К числу установочных параметров относятся: угол между плоскостью вращения диска и направлением поступательного движения орудия (угол атаки θ); угол отклонения плоскости вращения диска от вертикали (β) или угол между осью вращения диска и горизонталью.

Например, чем больше угол атаки, тем лучше подрезаются сорняки, интенсивнее и глубже рыхлится почва и заделываются семена сорняков. Угол атаки для дисковых плугов 40-45°, лущильников 10-35° и борон 10-22°. Дисковые лущильники при углах атаки 10-20° можно использовать как односледные дисковые бороны. Установка дисков с наклоном оси вращения к горизонтальной плоскости предусматривается, как правило, только на плугах. Этот угол принимают от 15 до 25° [2],

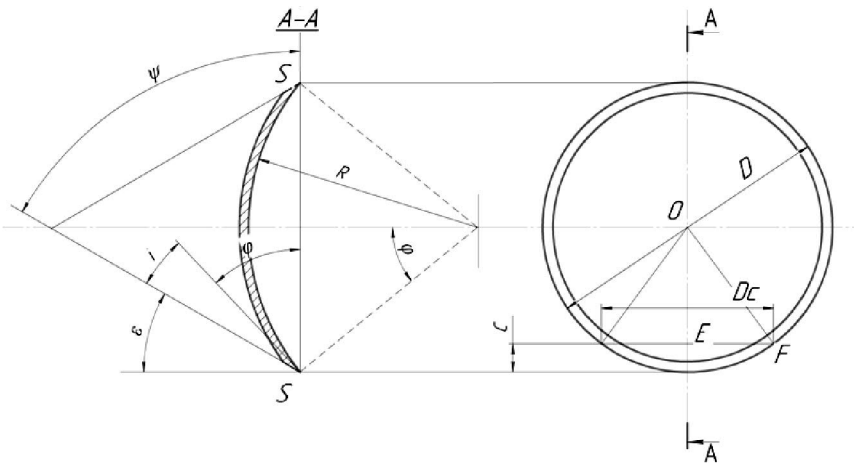


Рисунок 3.1 – Основные параметры диска:
R – радиус сферы; D – диаметр диска; SS – секущая плоскость; ψ - угол конуса заточки; i – угол заострения; ε - задний угол; φ – половина центрального угла сферического диска.

Заточка режущей кромки определяется углом ψ = φ + i, находящимся между образующей конуса заточки и секущей плоскостью SS (здесь φ – половина центрального угла сферического сектора) [7].

В процессе работы каждый диск вырезает свой пласт (стружку), образуя желобчатое дно борозды (см. рис. 3.2). Между желобами образуются гребни высотой *h*. По высоте этих гребней судят о качестве обработки почвы.

Качество обработки считается нормальным, если при глубине обработки *a*, $h \le 0{,}5a$ - для лущильников и $h \le 0{,}4\,a$ - для плугов.

Высота гребней *h* зависит от диаметра диска *D*, расстояния между дисками *b* и угла атаки α = θ. Первые два параметра не регулируемые и зависят от конструкции дискового орудия.

Диаметр диска и радиус сферы связаны соотношением

$$D = 2 \cdot R \cdot \sin\varphi, \text{ или } R = \frac{D}{2 \cdot \sin\varphi}. \qquad (1)$$

Для плугов угол φ принимают 31...37°, лущильников – 26...32°, борон – 22...26°.

Диаметр диска зависит от заданной максимальной глубины обработки почвы *a*. Практикой выработаны определенные соотношения между D и *a*:

$$K = \frac{D}{a}, \text{ или } a = \frac{D}{K}, \qquad (2)$$

где *K* – коэффициент, равный 3…4 для плугов, 4...6 – для борон и 6...8 – для лущильников. Максимальные значения коэффициента *K* принимают при обработке твердых почв при малых углах атаки и больших скоростях работы орудия [7].

Согласно ГОСТ 198-59 для плоских дисков можно принимать диаметр 250, 300, 350, 400, 450, 510, 610, 660, 710, 760 и 800 мм. Для дисковых плугов – 610-810 мм (прицепные) и 580-710 мм (навесные); для лущильников – 450-610 мм; для борон – 450-660 мм. Игольчатые диски изготавливаются диаметром 350, 450 и 520 мм; диски копачей – 680 мм.

Радиус кривизны r принимается постоянным: для плугов – 600 мм; для лущильников – 469 мм; для борон – 409, 469 и 520 мм. Расстояние между дисками может изменяться в пределах 130–350 мм.

Из рисунка 3.2 видно, что

$$h = \frac{D}{2} - 0{,}5 \cdot \sqrt{\left(D^2 - b^2\right) \times ctg^2\theta}$$

То есть, с увеличением угла атаки θ высота гребней уменьшается.

Содержание работы. Построить профиль дна борозды и оценить качество работы дискового орудия с заданными параметрами.

Исходные данные. *D* – диаметр диска; *в* – расстояние между дисками; ***θ*** – угол атаки; *a* – глубина обработки почвы.

Таблица 3.1 – Исходные данные по вариантам

№ п/п	*D*, мм	*в*, мм	*θ*, град	*a*, мм	№ п/п	*D*, мм	*в*, мм	*θ*, град	*a*, мм
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
1	450	160	32	120	6	570	240	30	120
2	460	170	32	120	7	560	230	30	120
3	470	175	32	120	8	550	230	30	120
4	480	180	32	120	9	540	220	30	110
5	490	190	32	120	10	530	210	30	100

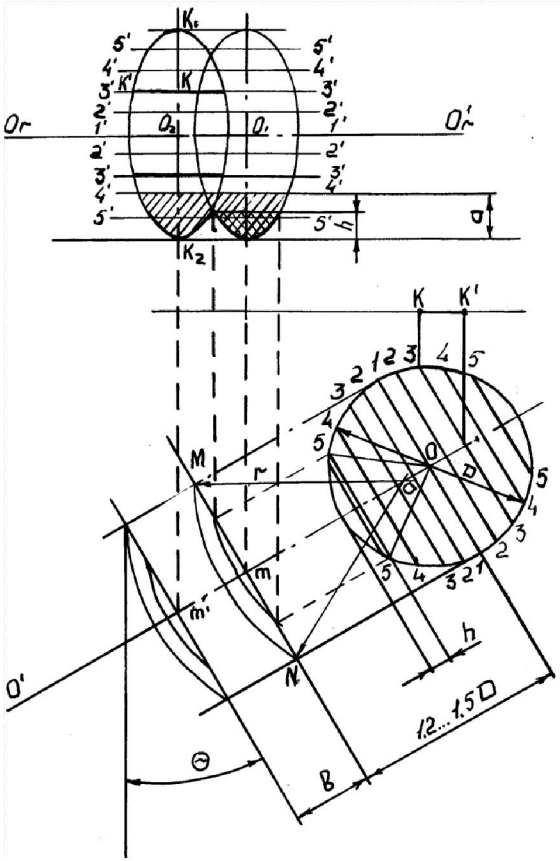


Рисунок 3.2 – Схема построения профиля дна борозды.

Порядок выполнения работы. Построения производятся на листе координатной бумаги формата A_3 в масштабе 1:5.

1. На листе масштабно-координатной бумаги в центральной части одной его из боковых сторон в требуемом масштабе вычерчивается диск диаметром *D*, значение которого было задано индивидуальным заданием.

2. Из т. О (через центр диска) под углом θ к горизонтали, вниз, проводится прямая ОО′, являющаяся осевой линией батареи дисков.

3. На наклонной оси ОО′, от точки О на расстоянии 1,2-1,5*D* ставится отметка - т.m, из которой проводится прямая перпендикулярная ОО′. На полученной прямой от т.m в обе стороны откладывается значение радиуса диска *R* = *D/2* и получают крайние точки диска (точки *M* и *N*).

4. Из точки *M* или *N* диаметром *D* = 469 мм (в масштабе 1:5) делается засечка на линии *OO′* (в сторону точки *O*) и находится точка *Or*, из которой, соединив точки *M* и *N* дугой диаметром *D*, получают профиль диска на виде сверху.

5. Отступив от прямой *MN* в сторону точки *O′* на расстояние *B*, повторяют указанные построения для второго диска.

6. Для построения профиля дна борозды дискового орудия, на расстоянии (2÷3) *D* от точки О в верхней части проводят горизонтальную прямую *OrO′ r*, являющуюся осью вращения батареи дисков.

7. Проводят вертикально вверх из точек m и m′ линии до пересечения их с прямой *OrO′r*, получая при этом точки O_1 и O_2, являющиеся центрами дисков на фронтальной проекции. Через точки O_1 и O_2 проводят горизонтальные осевые линии на расстоянии *R* в обе стороны от линии *Or - O′r*.

8. Разбивают диск на виде его сбоку секущими плоскостями, перпендикулярными *OO′* на n равных частей (например: n = 5), начиная от центра (т. О) в обе стороны (линии *1-1*, *2-2*, и т.д.). На фронтальной проекции проводят горизонтальные секущие плоскости, начиная от линии *OrO′r* вверх и вниз, также в обе стороны (линии *1′-1′*, *2′-2′* и т. д.).

9. Определяют **величину <u>половины</u>** каждой из линий сечения (1-1, 2-2 и т.д.) на фронтальной проекции диска, для чего проецируют точки их пересечения с контуром диска и с линией ОО′ на произвольную горизонтальную линию. Например, если для сечения 1-1 на боковой поверхности диска расстояние составляет 495 мм, то для этой линии сечения *величина половины* 495/2 = ***247,5 мм***; если для сечения 2-2 расстояние между одноименными точками равно 460, то для этой линии сечения *величина половины* 460/2 = 230 мм.

10. На фронтальной проекции откладывают величины полученных отрезков на одноименных линиях сечения (например, отрезок 1-1 равный величине ***247,5 мм*** на линии *1′-1′*) в обе стороны от вертикальной осевой линии, проходящей через точку O_2 одинаково для верхней и нижней половины диска. Крайние точки отрезков соединяют плавной линией, получая контур диска на фронтальной проекции (точки K_1 и K_2 получают из условия, что $O_2K_1 = O_2K_2 = Д/2$=***247,5 мм***). Значение линии сечения 2-2 (230 мм) откладывается на одноименных точках 2′-2′ фронтальной проекции вверх и вниз. Расстояние между точка-

ми O_1 и O_2 на фронтальной плоскости соответствует расстоянию между двумя соседними дисками на батарее почвообрабатывающей машины, т.е. O_1O_2= b.

11. Повторяют построения для второго диска, получая профиль дна борозды и высоту гребня h.

12. На графике необходимо отложить допустимое по агротребованиям значение высоты гребней (0,5а – для борон и лущильников, 0,4а – для плугов) и определить допустимое значение угла атаки или диаметра дисков.

13. Сопоставив полученную высоту гребня *h* с глубиной обработки *a*, делают вывод о соответствии качества обработки агротребованиям. По номограмме (рис. 3.3) определить угол атаки, необходимый для получения соотношения $h \le 0{,}5\ a$ (h_{max} = 50 мм).

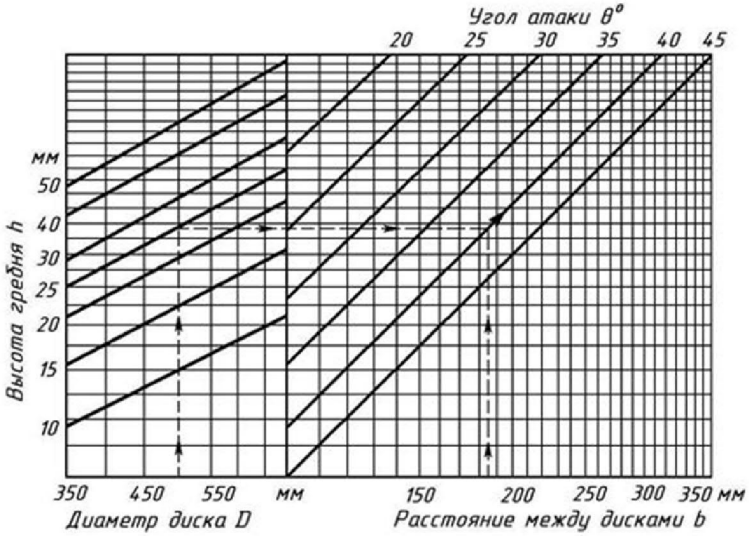


Рисунок 3.3 – Номограмма для определения угла атаки дискового орудия.

14. По номограмме (рис. 3.3) определяют угол атаки, необходимый для получения соотношения $h \le 0{,}5\ a$ (h_{max} = 50 мм).

15. Проверяют результат по формуле (1).

При выполнении полевых испытаний дисковых орудий для сравнительного анализа качества работы в зависимости от установочных параметров рекомендуется использовать таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Основные показатели работы дисковых орудий

Показатель	Расчетное значение параметра
Скорость движения агрегата, км/ч	
Угол атаки, град.	
Глубина обработки почвы, мм	
Диаметр диска, мм	
Диаметр диска на уровне поверхности поля, мм	
Высота гребней, мм:	
теоретическая	
действительная	
Расстояние между гребнями, мм	
Равномерность обработки по глубине:	
теоретическая	
действительная	

Контрольные вопросы

1. Какие технологические и установочные параметры почвообрабатывающего орудия влияют на высоту гребней на дне борозды?

2. Какая равномерность обработки почвы по глубине характерна для заданных условий работы дискового орудия?

3. Как изменяется равномерность обработки почвы по глубине от конструктивных или режимных параметров?

4. Как можно улучшить равномерность обработки почвы по глубине?

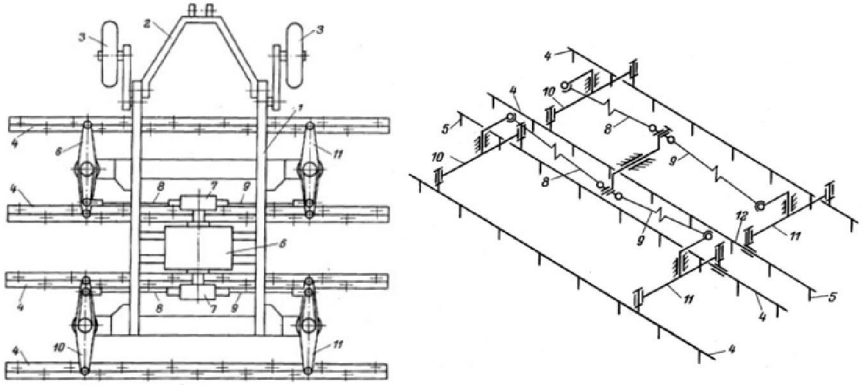
РАБОТА №4

Расчёт параметров виброборoны

Цель работы. Освоить методику определения кинематических и силовых параметров виброборoны.

Теоретическая часть

Для снижения нагрузок на рабочие органы борон и уменьшения металлоемкости машины, на раме монтируется кривошипно-шатунный механизм, который при помощи шатунов связан с поперечными планками зубовых брусьев. Привод кривошипно-шатунного механизма машины осуществляется от вала отбора мощности трактора через понижающий редуктор.



а) б)

Рисунок 4.1. - Принципиальная схема виброборoны:
а) общий вид; б) кинематическая схема привода.
1 - рама машины; 2 - навесное устройство; 3 - опорные колеса; 4 - горизонтальные брусья; 5 - зубья бороны; 6 - редуктор; 7 - кривошипно-шатунный механизм; 8 и 9 - гибкие связи; 10 и 11 - планки.

Рабочими органами виброборoны являются обычно поперечные брусья с зубьями. Они перемещаются вперёд со скоростью V_m и совершают при этом поперечные колебания с частотой ω. При этом

брусья устанавливают последовательно в два следа и приводят в движение кривошипно-шатунным механизмом. Движения зубьев переднего и заднего брусьев синхронизированы и сдвинуты по фазе на угол π/2, а вся борона состоит к тому же из правой и левой секций, движение которых сдвинуто по фазе на угол π. Траектория движения зуба представляет собой синусоиду и описывается системой уравнений

$$\begin{cases} X = V_m t \\ Y = R \sin \omega t \end{cases} \qquad (1)$$

где R - радиус кривошипа, м.

Скорость зуба в абсолютном движении складывается из скорости поступательного перемещения и скорости поперечного колебания и выражается формулой

$$V = \sqrt{V_m + R \times \omega \times \cos \omega t}, м/с \qquad (2)$$

Реакция почвы на движущийся в ней зуб виброборoны не является постоянной величиной, а меняется в зависимости от скорости V по закону

$$P = P_0(1 + 0{,}2V), H \qquad (3)$$

где P_0 - тяговое сопротивление зуба традиционной бороны «зигзаг», Н.

Тяговое сопротивление зуба бороны является проекцией на продольное направление реакции почвы P и равно

$$P_X = P \times \sin \alpha, H \qquad (4)$$

где $\alpha = \arcsin(V_m / V)$ - угол между касательной к траектории движения и направлением поперечного колебания, град [1].

Практическая часть

Содержание работы. Построить траекторию движения зуба виброборoны, его силовые характеристики в функции угла поворота кривошипа и сравнить их с силовой характеристикой пассивного зуба бороны.

Исходные данные. R – радиус кривошипа привода вибробороны; $\overline{\omega}$ - угловая скорость кривошипа; V_m – скорость движения агрегата. Варианты исходных данных приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчета параметров вибробороны

№ п/п	Радиус кривошипа, R, мм	Угловая скорость кривошипа, $\overline{\omega}$ 1/с	Скорость движения агрегата, V_m, м/с
1	102	60	1,3
2	115	51	1,4
3	80	80	1,5
4	105	90	1,6
5	88	104	1,7
6	104	100	1,8
7	116	56	1,9
8	120	65	2,0
9	75	50	1,4
10	96	49	1,3

Порядок выполнения работы

На листе координатной бумаги в масштабе 1:2 строят траекторию движения зуба вибробороны (рис. 4.2). Для этого в системе координат XOY построят окружность радиуса R, с центром в точке O и разбивают её на 12 равных частей, начиная с оси координат. Вычисляют подачу за один цикл колебания зуба по формуле:

$$S = \frac{2 \times \pi \times V_m}{\overline{\omega}}. \qquad (5)$$

Откладывают отрезок S по оси X от точки O в выбранном масштабе и делят его на 12 равных частей. Обозначают точки на окружности и на отрезке, как показано на рис. 4.2. Из точек *1…12* окружности проводят линии параллельные оси X, а из точек $1'...12'$ отрезка S – линии параллельно оси Y. Соединив точки пересечения линий, начинающихся из одноимённых точек окружности и отрезка S плавной линией, получают траекторию движения зуба вибробороны. Точки, принадлежащие траектории, обозначают $1'...12'$. Строят планы скоростей для точек $4'$ и $7'$, в масштабе 1 см = 1 м/с.

Скорость поперечного колебания зубового бруса определяют по формуле:

$$V_y = R \times \overline{\omega} \times \cos(\overline{\omega} t). \qquad (6).$$

Рассчитывают основные кинематические и силовые параметры зуба вибробороны в двенадцати точках траектории его движения, результаты сводят в таблицу 4.2.

Примечание: Значение тягового сопротивления зуба бороны P_0 взять из справочной литературы.

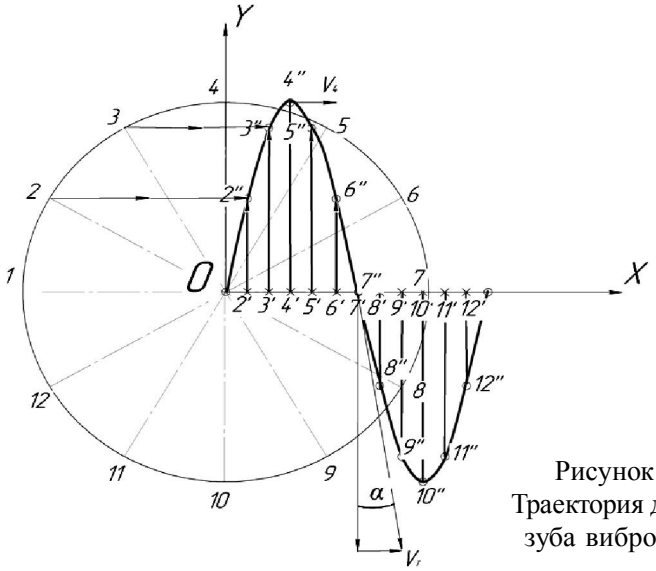


Рисунок 4.2 – Траектория движения зуба вибробороны.

По приведенным в таблице 4.2 значениям построить график изменения тягового сопротивления вибробороны в функции угла поворота кривошипа (рис. 4.2) для переднего 1 и заднего 2 брусьев, с учётом сдвига по фазе между ними, равного π/2.

Таблица 4.2 – Данные расчётов

Параметр	Точки траектории											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ω^0	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
V, м/с												
P, H												
Px, H												

где $\omega^0 = \overline{\omega} \times t$

Строят график 4.3 изменения суммарного значения тягового усилия, суммируя графики 1 и 2, находят среднее значение тягового усилия 4 и сопоставляют его с тяговым усилием зубовой бороны с пассивными зубьями и тем же удельным сопротивлением, приходящимся на зуб. Считать, что два суммируемых зуба вибробороны перекрывают зону действия четырёх зубьев пассивной бороны, т.е. $P'=4P_0$.

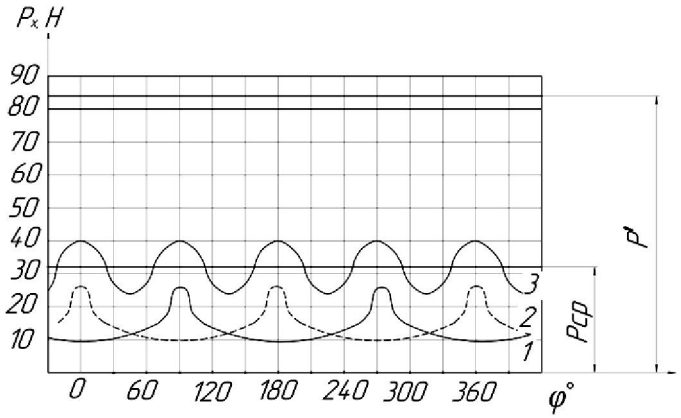


Рисунок 4.3 – Силовые характеристики зубьев вибробороны.

Проводят на графике линию, характеризующую P'. Масштаб построения по оси X – 1 см = 30°; по оси Y – 1 см = 5 Н.

Сравнивая значения тягового сопротивления бороны, имеющей активные рабочие органы по сравнению с жестко закрепленными зубьями пассивной бороны, определяют разницу в энергозатратах на выполнение поверхностной обработки почвы.

Контрольные вопросы

1. Почему среднее тяговое сопротивление зуба вибробороны меньше, чем у зуба обычной зубовой бороны?
2. Какую траекторию описывают зубья вибробороны при движении в почве?
3. Как можно определить тяговое сопротивление рабочего органа бороны?

РАБОТА №5

Технологический и силовой расчет почвофрезы

Цель работы. Определить технологические и энергетические показатели работы почвофрезы.

Теоретическая часть

При вращении фрезерного барабана угловой с скоростью W и поступательном перемещении машины со скоростью V_m любая точка режущей кромки ножа движется по трохоиде, форма которой зависит от отношения между указанными скоростями и радиусом фрезерного барабана. Следовательно, траектория движения зависит от величины показателя кинематического режима, коэффициента λ [2].

$$\lambda = \frac{W \cdot R}{V_m},$$

где R – радиус траектории движения концов ножей, м.

Каждый нож отрезает от монолита стружку переменной толщины (на рис. 5.1 она заштрихована), а между соседними трохоидами на дне борозды образуется гребень высотой h_2. Считается допустимой величина $h_2 = \leq \times 0{,}2\,a$, где a - глубина обработки. Величина h_2 зависит от подачи на нож, т.е. при известных величинах V_m и $V_0 = W \times R$ от числа односторонних ножей Z на каждом фланце фрезерного барабана. Следовательно, задаваясь допустимой величиной h_2 можно определить число односторонних ножей Z на каждом фланце фрезерного барабана по формуле

$$Z = \frac{\pi}{\lambda \cdot \sqrt{2m_1 - m_1^2} + \arcsin(1 - m_1) - \frac{\pi}{2}}, \qquad (5.1)$$

где $m_1 = \frac{h_2}{R} = \frac{0{,}2 \times a}{R}$.

Зная ширину захвата фрезы B и задавшись шириной захвата ножа b, определяют количество ножей на барабане по формуле:

$$Z_n = \frac{B}{b} \times Z \qquad (5.2)$$

Величина подачи на нож определяется по формуле

$$S = \frac{2\pi R}{\lambda \times Z}, м. \qquad (5.3)$$

Величину подачи на один оборот ротора определяют по формуле

$$X_{об} = \frac{2\pi R}{\lambda} = S_z \times Z. \qquad (5.4)$$

Определив основные конструктивные параметры фрезы , можно предварительно определить величину мощности, потребляемой на ее привод:

$$W = B \times V_m \times E \times a, кВт, \qquad (5.5)$$

где E - удельная работа, затрачиваемая фрезой на обработку одного кубического дециметра почвы, Дж/дм^3.

Зная потребляемую мощность, выбирают энергетическое средство для агрегатирования с ним фрезы.

Практическая часть

Содержание работы. В зависимости от заданных технологических и некоторых конструктивных параметров рассчитать все остальные конструктивные и технологические параметры и определить мощность, необходимую для привода фрезы.

Исходные данные. Необходимыми данными при расчёте почвофрезы являются: R – радиус почвофрезы; B – ширина захвата почвофрезы; λ – показатель кинематического режима работы; n – частота вращения барабана; a – глубина обработки.

Таблица 5.1 - Исходные данные для расчета фрезы

№ п/п	R, м	B, м	λ	n, об/мин	a, м
1	0,28	1,8	2,5	220	0,16
2	0,27	1,9	2,7	210	0,12
3	0,26	2,0	2,9	240	0,15
4	0,25	2,1	3,1	250	0,13
5	0,24	2,2	3,0	210	0,14
6	0,16	2,9	3,1	220	0,19
7	0,17	4,2	2,5	240	0,17

Порядок выполнения работы

1. По формуле (5.1) определить количество односторонних ножей на каждом фланце фрезы, округлив полученное число: до ближайшего целого числа в меньшую сторону при превышении указанного целого числа не более чем на 40%; до ближайшего целого числа в большую сторону при превышении предыдущего целого числа более чем на 40%.

2. По формуле (5.2) определить общее количество ножей на фрезерном барабане, принимая величину $0{,}08 \le b \le 0{,}14 м$ и имея в виду, что дробь $\frac{B}{b}$ должна быть целым четным числом.

3. По формуле (5.3) определить величину подачи на нож, а по формуле (5.4) – подачу на один оборот ротора.

4. Построить траектории движения соседних ножей, поперечное сечение отрезаемой стружки и профиль дна борозды (рис. 5.1) в следующей последовательности:

На листе масштабно-координатной бумаги формата А3 в масштабе 1:2 построить полуокружность радиусом R с центром в точке O_1.

Отложить в выбранном масштабе влево по горизонтали величину $X_{об}$ и разбить ее на 12 равных частей, пронумеровав точки, начиная от центра барабана (1′, 2′,…12′).

Разбить полуокружность на 6 равных частей (как показано на рис. 5.1), пронумеровав полученные точки сверху вниз (0,1…6).

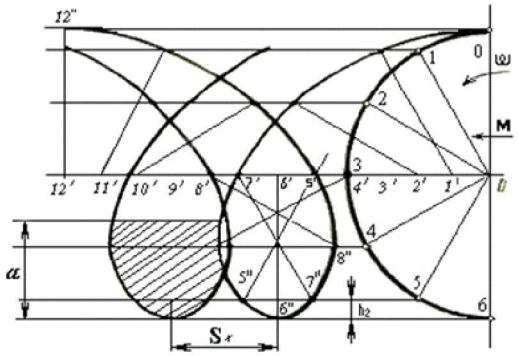


Рисунок 5.1 – Схема построений.

Из точек 0…6 провести влево горизонтальные линии.

Из точек 1′, 2′ …12′ радиусом R выполнить засечки на полученных горизонтальных линиях, выходящих из одноименных точек (1,2…12). Например, из точки 2′ - на линии, выходящей из точки 2. После шестой точки радиус отклоняется назад и засечки производят: из 7′ на 5, из 8′ на 4, из 9′ на 3, из 10′ на 2, из 11′ на 1, из 12′ на 0.

Полученные точки пересечения засечек и горизонтальных линий (1″, 2″…12″) соединить плавной линией, получив петлю трохоиды для одного из ножей.

Сдвинув все точки пересечения влево на величину Sx, построить трохоиду для второго ножа. От нижней точки траектории отложить вверх величину а и провести горизонтальную линию, обозначающую поверхность поля. Тело стружки, отрезаемой ножом, заштриховать.

Замерить фактическую высоту гребня h_2 и сравнить её с расчетной $h_2<0,2\ a$.

Определить по формуле (5.5) мощность, потребляемую фрезой, в кВт. (Параметры фрезы подставить в метрах и м/с).

Определить, с каким отечественным трактором может агрегатироваться указанная фреза [2], указать тяговый класс, необходимое тяговое усилие и рекомендуемый тип движителей.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит форма траектории движения режущей кромки ножа?
2. Какова величина допустимой подачи на один нож?
3. Какая глубина обработки допускается для почвенной фрезы?

РАБОТА №6

Графоаналитический расчёт катков и колёс

Цель работы. Основная цель работы – закрепление теоретических знаний по теории катков и колёс, путём исследования процесса их взаимодействия с почвой.

Теоретическая часть

Движущиеся по полю каток или колесо сельскохозяйственной машины уплотняют почву и оставляют за собой колею. Её глубина зависит от параметров катка (колеса) и свойства почвы. Указанные параметры связаны между собой зависимостью

$$h = 1{,}31 \times \sqrt[3]{\frac{P^2}{b^2 \times q^2 \times D}}. \qquad (6.1)$$

где P - вес катка (или часть веса машины, приходящаяся на одно колесо), Н;

b - ширина колеса (катка), см;

q - коэффициент объёмного смятия почвы, Н/см^3;

D - диаметр колеса (катка),см.

Сопротивление катка перекатыванию определяется по формуле Грандвуале – Горячкина

$$T = 0{,}86 \times \sqrt[3]{\frac{P^4}{b \times q \times D^2}}. \qquad (6.2)$$

На практике чаще всего используют упрощенный вариант последней формулы

$$T = \mu \times P, \qquad (6.3)$$

где μ - коэффициент перекатывания (сопротивления качению).

$$\mu = 0{,}86 \times \sqrt[3]{\frac{P}{b \times q \times D^2}}. \qquad (6.4)$$

Для колёс с негладкой поверхностью сопротивление перекатыванию увеличивается на коэффициент ε, то есть

$$Тн.т. = \varepsilon T, Н \qquad (6.5)$$

где ε = 1,1…1,3.

Для пневматических колёс сопротивление перекатыванию уменьшается и находится по формуле:

$$Тн.ш. = kT, Н \qquad (6.6)$$

где k – коэффициент, учитывающий снижение сопротивления.

Для свежевспаханного поля k = 0,75...0,79; стерни - 0,65...0,68; укатанного грунта - 0,60...0,65 [2, С. 54-59].

Практическая часть

Содержание работы. Построить схему взаимодействия колеса (катка) с почвой в различных условиях, определить глубину колеи и тяговое сопротивление.

Исходные данные. К исходным данным относятся: P – вес катка (или часть веса машины, приходящаяся на одно колесо), Н; b – ширина катка, см; q – коэффициент объёмного смятия, Н/см^3; D – диаметр катка, см; r – радиус колеса, см; ε - коэффициент скольжения; P_c - вес сеялки, Н; b_c - ширина колеса сеялки, см. Исходные данные по вариантам приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1 – Исходные данные к расчёту катков и колёс

№ п/п	*P*	*B*	*q*	*D*	*r*	P_c	b_c	*ε*
1	4000	150	3,0	80	40	15000	10	0,1
2	3200	120	2,30	40	40	8900	11	0,2
3	2600	80	1,9	45	45	10000	12	0,1
4	3800	135	2,2	70	60	14000	13	0,1
5	2900	95	2,1	50	60	12000	14	0,2
6	3600	115	2,4	70	45	11150	15	0,1
7	2700	80	1,9	40	50	9000	16	0,2
8	2800	90	2,0	45	65	9700	17	0,1
9	3000	145	2,6	70	35	11800	18	0,1
10	2400	85	2,0	58	48	9500	20	0,2

Порядок выполнения работы. По индивидуальным данным и формулам (6.1) и (6.2) найти глубину колеи *h* и тяговое сопротивление *T* для гладкого водоналивного катка, движущегося по свежевспаханному полю без скольжения и буксования. В масштабе 1:5 построить на координатной бумаге поперечное сечение указанного катка с обозначением глубины колеи *h*. Затем для точки B катка, взаимодействующей с поверхностью неприкатанного поля (рис. 6.1), построить векторы направлений действия силы *N* (нормального давления) и скорости вращения относительно мгновенного центра вращения. Длина векторов произвольная. Вектор *N* является продолжением радиуса *OB*, проведенного из центра катка, а вектор *V* – перпендикулярен радиусу мгновенного вращения *CB*.

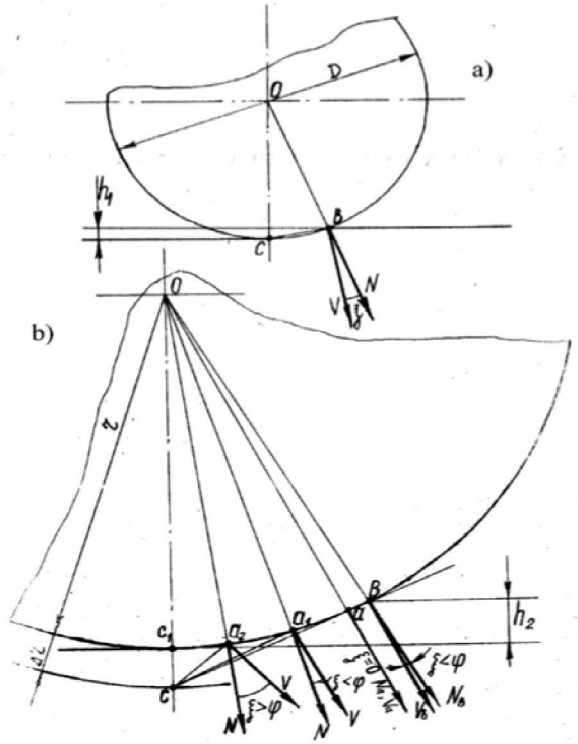


Рисунок 6.1 – a) схема к расчёту катка; b) схема условного колеса и механизма его взаимодействия с почвой.

Замерить угол между ними ξ и сопоставить с углом трения φ. Сделать вывод о наличии (или отсутствии) уплотнения почвы и её проскальзывания относительно поверхности катка. По формуле (6.5) найти максимальную глубину колеи H_φ при которой уплотнение почвы будет происходить без её скольжения по поверхности катка.

$$H_\varphi = 2\sin^2\varphi, \qquad (6.7)$$

где r - радиус колеса, м;

φ - угол трения, град. φ = 25...28°.

По индивидуальным данным рассчитать характер взаимодействия с почвой колёс зерновой сеялки с поднятыми сошниками, движущейся по свежевспаханному полю.

Сначала по формуле (6.1) определить глубину колеи, считая, что сеялка оборудована колёсами с жёстким ободом. Затем на координатной бумаге построить продольное сечение колеса, обозначив глубину колеи *h* (рис. 6.1 а).

Зная величину скольжения ε по формуле (6.8) найти условное приращение Δr колеса, сводящее к воображаемому колесу, катящемуся без скольжения

$$\Delta r = \frac{\varepsilon \times r}{1-\varepsilon} \qquad (6.8)$$

Из центра *O* (рис.6.1 b) радиусом r + Δr сделать засечку на вертикальной линии, найдя таким образом центр мгновенного вращения (мгновенный центр скорости) *C*. Из точки С провести касательную к окружности и найти «замечательную» точку *a*, в которой направление абсолютной скорости V_a и нормального давления совпадают. Если точка *a* находится ниже поверхности неприкатанного поля, то построить векторы $V_в$ и $N_в$ для точки *B*, лежащей на поверхности поля. Дугу C_1a разбить на три равных части и в двух полученных (a_1 и a_2) точках также построить векторы $V_{абс}$ и *N*. Замерить величину углов ξ для всех точек и сопоставить с углом φ. Сделать вывод о характере деформации почвы в разных точках.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит глубина колеи, образуемой колесом при проходе по полю?

2. Как определяется коэффициент сопротивления качения для стального колеса?

РАБОТА №7

Классификация машин для посева и посадки сельскохозяйственных культур. Условие равновесия сошников

Машины для посева и посадки классифицируют по назначению, способам посева (посадки) и агрегатирования с трактором.

Сеялки бывают универсальные и специальные. Первые предназначены для посева разнородных сельскохозяйственных культур. Вторыми высевают семена одной, иногда двух-трех культур, сходных по физико-механическим свойствам и нормам высева.

По назначению сеялки делятся на зерновые, кукурузные, свекловичные, овощные, для посева трав и т.п.

По способу посева сеялки различают: рядовые, узкорядные, гнездовые, пунктирные и разбросные.

Посадочные машины - это специальные сельскохозяйственные машины, предназначенные для посадки картофеля и рассады.

По способу агрегатирования машины для посева или посадки сельскохозяйственных культур бывают прицепные, навесные и полунавесные [9].

Расчет устойчивости хода сошников сеялки по глубине (для сеялки СЗ) [8, С.19].

Сошник находится в равновесии при выполнении следующего условия:

$$R \times m = G \times h + F \times n = 0, \qquad (7.1)$$

где R – равнодействующая всех сил сопротивления, приложенных к сошнику;

G – сила тяжести сошника вместе с поводком;

F – сила давления пружины на поводок;

m, h, n – плечи сил R, G и F относительно оси вращения.

Однако условие (7.1) нарушается ввиду изменения величины и направления силы R, зависящей от физико-механических свойств почвы и микронеровностей поверхности поля. Так как сила R зависит от времени нахождения на том или ином участке, то при изменении силы сошник стремится занять такое положение, при котором

условие (7.1) соблюдается. Например, при увеличении силы R сошник будет выглубляться, что приведет к увеличению давления пружины F до величины, необходимой для восстановления равновесия (рис. 7.1):

$$F = F_0 + k \times x, \qquad (7.2)$$

где F_0 – сила предварительного сжатия пружины, кН;

k – жесткость пружины, кН/м;

x – величина деформации пружины.

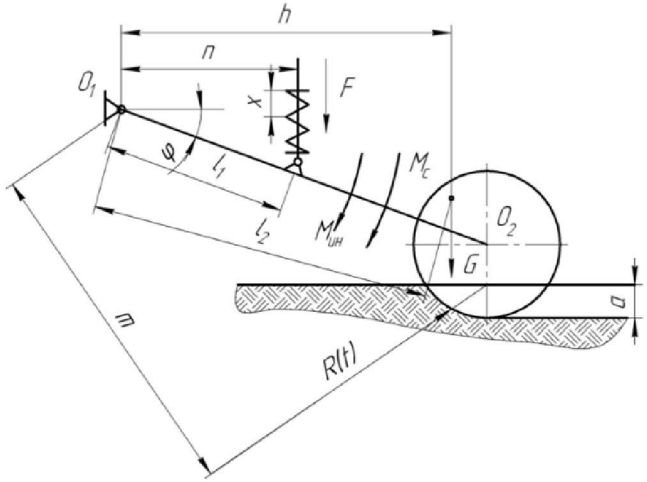


Рис. 7.1. Силы, действующие на дисковый сошник.

Таким образом, сошник находится под действием момента возмущающих сил, который сообщает сошнику угловое ускорение (так как сошник вращается только относительно точки О). При нарушении равновесия уравнение (7.1) примет вид [8]:

$$R \cdot (t) \cdot m - G \cdot h - F \cdot n = I \cdot \left(\frac{d^2\varphi}{dt^2} \right), \qquad (7.3)$$

где I – момент инерции сошника с поводком относительно оси вращения O_1, кг·м·сек^2;

φ – угол отклонения сошника от положения равновесия, град.

Текущее значение угла наклона поводка

$$\varphi(t) = \varphi_0 + \varphi,$$

где φ_o – начальное равновесное значение угла наклона поводка.

В уравнении (7.3) не учитывается момент от силы сопротивления почвы вертикальным перемещением сошника. Этот момент можно считать пропорциональным скорости поворота сошника

$$M = b \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt}\right),$$

где b – коэффициент пропорциональности.

Момент сопротивления M_C всегда действует в сторону, противоположную перемещению сошника. Подставим момент M_C в уравнение (7.3):

$$R \cdot (t) \cdot m - G \cdot h - F \cdot n = I \cdot \left(\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right) + b \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt}\right). \qquad (7.4)$$

Сила F в уравнении (7.2) выражается через угловое колебание сошника φ. Тогда деформацию пружины, согласно рисунку 7.1, определим:

$$X = 2L_0 \cdot \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right).$$

Так как для малых углов sinφ ≈ φ, то по уравнению (7.2) $F = F_0 + k \cdot L_0 \cdot \varphi$, уравнение (7.4) примет вид:

$$R \cdot (t) \cdot m - G \cdot h - F \cdot n = I \cdot \left(\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right) + b \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) + k \cdot L_0 \cdot \varphi \cdot \qquad (7.5)$$

С целью упрощения расчетов введем следующие обозначения:

$$d = I \cdot \gamma; \quad \frac{k \cdot L_0 \cdot n}{I} = \omega^2;$$

γ имеет значение и размерность (2-3) c^{-1},тогда имеем:

$$\left(\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right) + \gamma \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) + \omega^2 \cdot \varphi = \frac{R \cdot (t) \cdot m - G \cdot h - F_0 \cdot n}{I}. \qquad (7.6)$$

Так как сила R(t) постоянно изменяется, то нельзя указать, какую величину и какое направление она будет иметь в каждый следующий момент времени. Поэтому аналитическое решение уравнения (7.6) трудно выполнимо, так как оно относится к типу случайных. Если предположить, что сила R(t) изменяется по гармоническому закону с частотой ρ в секунду, то решение упрощается. Допустим, что:

$$R(t) = R_0 + R_1 \cdot \cos\rho t,$$

где R_0 – среднее значение силы сопротивления;

R_1 – переменная составляющая силы сопротивления.

Тогда уравнение (7.6) можно записать так:

$$\left(\frac{d^2\varphi}{dt^2}\right) + \gamma \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt}\right) + \omega^2 \cdot \varphi = \frac{R_1 \cdot m \cdot \cos\rho t}{I}. \qquad (7.7)$$

Для заданной частоты

$$\varphi_0 = \frac{R_1 \cdot \cos\rho t}{I\sqrt{\left(\omega^2 - \rho^2\right) + \gamma^2\rho^2}}. \qquad (7.8)$$

Анализируя уравнения (7.7) и (7.8) можно заключить:

- возрастание силы G или F_0 сопровождается увеличением глубины хода сошника, так как растет сила R_0;
- увеличение момента инерции сошника улучшает устойчивость его хода.

Для ρ = 0 и cosρt = 1 уравнение (7.8) можно упростить:

$$\varphi_0 = \frac{R_1 \cdot m}{I \cdot L_0 \cdot k \cdot n}.$$

Согласно данным, приведенным ниже в таблице, рассчитать значение φ_o и внести его в последний столбец таблицы.

Таблица 7.1 - Данные для расчета устойчивости сошника сеялки

R_1, Н	I, кг·м·с^2	k, Н/м	φ_o, град
10	0,7	2000	
11	0,72	2500	
12	0,74	3000	
13	0,76	3500	
14	0,77	4000	
15	0,78	4500	
16	0,80	5000	

1. Определить по углу колебания пределы заделки семян по глубине и соответствие его с АТТ.
2. Пользуясь данными таблицы 7.1 построить график $\varphi_o = f(k)$ [8].
3. Провести анализ полученной графической зависимости и сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие по назначения сеялки вы знаете?
2. Напишите условие равновесия сошника, имеющего одношарнирное крепление поводка.
3. От чего зависит усилие нажимной пружины поводка? Как оно регулируется?

РАБОТА №8

Обоснование параметров семяпровода сеялки

Теоретическая часть

Функцией семяпроводов является направление семян, выбрасываемых высевающим аппаратом, в сошник. Верхняя часть семяпровода (воронка) шарнирно присоединяется к коробке высевающего аппарата, а нижняя (трубка) вставляется в сошник. Семяпроводы оказывают существенное влияние на равномерность высева и являются важным рабочим органом сеялок [11, С. 121].

Семяпровод должен обладать удовлетворительной гибкостью во всех направлениях без нарушения сечения. Внутреннее сечение канала семяпровода должно обеспечивать проход семян без образования заторов. Внутренняя поверхность канала семяпровода должна быть гладкой во избежание задержки семян при движении.

В своей работе Трубилин Е.И. указывает, что: « В зависимости от применяемого материала семяпроводы бывают резиновые, прорезиненные, металлические и пластиковые. Первые из них легки по весу, обладают хорошей гибкостью и способны пропускать разного вида семена при условии достаточного сечения трубки. Недостаток этих семяпроводов состоит в трудности хранения. Они не выдерживают резких изменений температур (жара, мороз), не могут храниться в изогнутом состоянии. При хранении их необходимо наполнять песком» [11, С. 121].

Семяпроводы оказывают существенное влияние на движение семян, изменяя взаимное расположение их, выравнивая или нарушая равномерность высева. Влияние семяпроводов на равномерность зерновой струи изучалось В.И. Александровым, В.В. Барановым, Д.Г. Вальяновым и др.

Исследованиями кандидата сельскохозяйственных наук Д.Г. Вальянова установлено, что:

- при сбрасывании семян в центр прямого вертикально установленного семяпровода последний, независимо от состояния его

внутренней поверхности, не оказывает влияния на равномерность высева;

- при наклонном положении гладкие цельнотянутые семяпроводы дают лучшие показатели, чем резиновые, спирально-ленточные и воронкообразные; последние в этом случае непригодны для совершенных аппаратов;
- гладкие цельнотянутые трубки диаметром 20 мм в телескопическом семяпроводе при наклоне на 25° не ухудшают равномерности высева.

При проектировании сеялок возникает необходимость располагать семяпровод под некоторым углом к поверхности почвы. Небольшие углы могут привести не только к нарушению равномерности зерновой струи, но и к прекращению ее движения.

Представим себе, что движение семян по семяпроводу протекает как движение материальных частиц по шероховатой скатной кривой путем скольжения (рис. 8.1) [11].

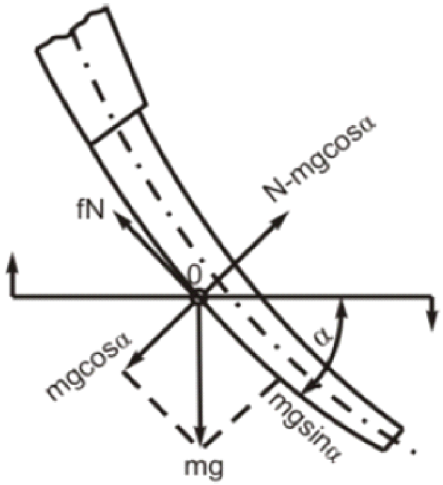


Рисунок 8.1. К обоснованию угла наклона семяпровода.

Введем следующие обозначения (рис. 8.1): m - масса зерна, V - скорость движения зерна, α - угол между касательной кривой и

горизонтом, N - нормальная реакция, g - ускорение свободного падения, ρ - радиус кривизны кривой и f - коэффициент трения скольжения.

Уравнения движения зерна по семяпроводу можно записать в виде:

$$m = \frac{dV}{dt} = mg \cdot \sin\alpha - fN; \qquad (8.1)$$

$$m = \frac{V^2}{\rho} = N - mg \cdot \cos\alpha. \qquad (8.2)$$

Определив из уравнения (8.2) нормальную реакцию N и подставив ее значение в уравнение (8.1), получим

$$m = \frac{dV}{dt} = mg \cdot \sin\alpha - fmg \cdot \cos\alpha \pm m\frac{fV^2}{\rho},$$

или

$$\frac{dV}{dt} = g \cdot \sin\alpha - fg \cdot \cos\alpha \pm m\frac{fV^2}{\rho}. \qquad (8.3)$$

Движение зерна по семяпроводу прекратится, если правая часть уравнения (8.3) будет равна нулю. Тогда уравнение примет вид:

$$g \cdot \sin\alpha - fg \cdot \cos\alpha = 0.$$

Отсюда находим

$$tg\alpha = f \qquad (8.4)$$

Если $tg\alpha \langle f$, то движение семян по семяпроводу прекратится. Следовательно, наклон семяпровода в любой точке должен быть таким, чтобы удовлетворялось условие $tg\alpha \langle f$, т.е. необходимо, чтобы угол наклона семяпровода в любой точке был больше коэффициента трения семян по поверхности семяпровода [11, С. 121-124].

Расчет устойчивости хода сошников сеялки по глубине (для сеялки СЗ)

Сошник делает бороздку, укладывает в нее семена или клубни и частично заделывает их почвой.

Сошники бывают с острым, прямым и тупым углом вхождения в почву. К первому типу относятся анкерные, ко второму трубчатые, к третьему килевидные, полозовидные, двухдисковые и однодисковые сошники [6].

Сошник значительно влияет на характер распределения семян в рядке и на равномерность их заделки по глубине. Рассмотрим только часть бороздообразования, касающуюся осыпания почвы в подсошниковую полость [11].

Равновесие сошников

При движении сошника в почве на него действуют следующие силы (рис. 8.2): G_c - вес сошника и части поводка, приложенный в центре тяжести; P - тяговое усилие, приложенное к шарниру поводка (точка O), R_c - сопротивление почвы, приложенное к сошнику, $Q_{пр}$ - давление на сошник дисковый от нажимной пружины (рис. 8.3) [20, 22].

Угол β определяет направление реакции почвы.

Для анкерных сошников угол β колеблется в пределах от 20 до 22°, для полозовидного сошника он составляет около 30°.

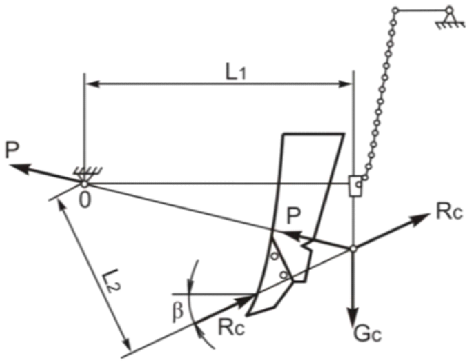


Рисунок 8.2. Силы, действующие на анкерный сошник.

Условие равновесия для сошников анкерной сеялки может быть представлено как равенство моментов:

$$R_c \cdot l_2 = G_c \cdot l_1. \qquad (8.5)$$

Для дискового сошника:

$$R_c \cdot h_2 = G \cdot h_1 + Q_{пр} \cdot h_3. \qquad (8.6)$$

Из уравнений (8.5), (8.6) следует, что устойчивый ход сошника в основном зависит от сопротивления почвы Rc. Сопротивление же почвы, как известно, зависит от качества ее обработки. Поэтому для обеспечения устойчивого хода сошника и, следовательно, равномерной заделки семян нужно производить качественную предпосевную обработку поля.

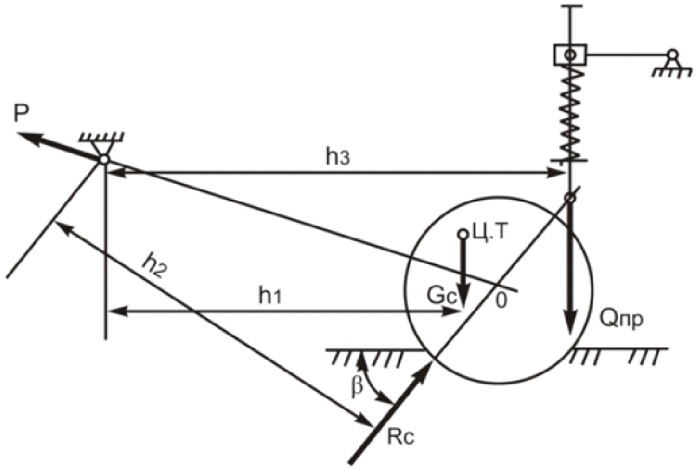


Рисунок 8.3. Силы, действующие на дисковый сошник [11].

Изменение глубины хода сошника может быть произведено изменением направления и величины действующих сил, при этом равновесие сошника будет нарушено. Новое равновесное положение буде достигнуто уже на другой глубине, когда снова удовлетворится условие (8.5) или (8.6). Из анализа действующих сил следует, что регулировка глубины хода сошника в почве может быть практически осуществлена изменением нагрузки G на сошник (грузом на анкерном сошнике, давлением пружина на дисковом), направлением силы тяги P (переносом точки подвеса по горизонтали и вертикали) и углом вхождения сошника в почву (у некоторых анкерных сошников) [17].

Контрольные вопросы

1. Опишите функции семяпровода.
2. Каким должен быть угол наклона семяпровода?
3. От чего зависит устойчивый ход сошника?
4. Какие силы действуют на анкерный сошник при движении сеялки?
5. Какие силы действуют на дисковый сошник при движении сеялки?

РАБОТА №9

Расчет катушечного высевающего аппарата

Цель работы. Установить зависимость объемного дозирования семян катушечным высевающим аппаратом от его конструктивных параметров, а также определить его влияние на норму высева.

Теоретическая часть

Образовавшийся в семенном ящике зерновой поток через выходное отверстие в дне ящика заполняет верхнюю полость высевающих аппаратов. Последние изменяют характер движения семян и принудительно передают их равными порциями в семяпроводы [7].

Для зерновых культур применяют катушечные и штифтово-катушечные высевающие аппараты [10].

Катушечные высевающие аппараты производят объемное дозирование семян, т.е. создают непрерывный поток заданной интенсивности. Семена выносятся в объеме желобков и вытекают свободно в активном слое толщиной C_0 (рис. 9.1).

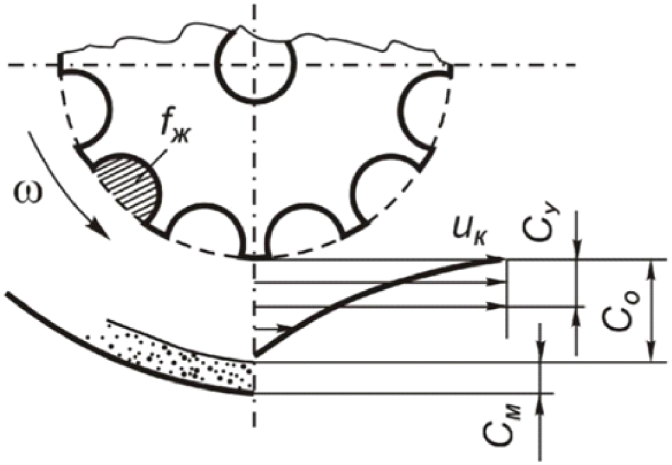


Рисунок 9.1. Движение семян в катушечном аппарате: ω – угловая скорость катушки; $u_к$ – окружная скорость катушки; $f_ж$ – объем желобка; $C_у$ – условная толщина активного слоя; C_0 – толщина активного слоя; $C_м$ – толщина «мертвого» слоя.

Если зазор между дном высевающего аппарата и катушкой достаточно велик, то активный слой может не распространяться на всю толщину слоя семян, оставляя на дне «мертвый» слой $C_м$. В активном слое скорости истечения семян уменьшаются по мере удаления от катушки, поэтому вводится понятие условного активного слоя $C_у$, который якобы имеет постоянную по своей толщине скорость, равную окружной скорости катушки, а по расходу семян равен реальному активному слою C_0. Соотношение толщин слоев C_0 и $C_у$ обратно пропорционально средним скоростям истечения семян в них [7]:

$$\frac{C_у}{C_0} = \frac{U_{ср}}{U_к} = \frac{1}{m+1}, \qquad (9.1)$$

где $U_{ср}$ – средняя скорость истечения семян в слое C_0, м/с;

$U_к$ – скорость вращения катушки на уровне выступов желобков, м/с;

m – экспериментальный коэффициент, принимаемый для пшеницы и ячменя m = 2,6; овса m = 2,5; для проса m = 1,4.

Окружная скорость катушки (м/с) находится по известной зависимости

$$U_к = \frac{\pi \cdot d_к \cdot n}{60}, \qquad (9.2)$$

где $d_к$ – диаметр катушки, м;

n – частота вращения вала высевающих аппаратов, мин$^{-1}$.

Условная толщина активного слоя рассчитывается по результатам опыта

$$C_у = \frac{V_{ак}}{\pi \cdot d_к \cdot l_р}, \qquad (9.3)$$

где $V_{ак}$ – объем семян, прошедших под катушкой в активном слое за один ее оборот, см^3;

$l_р$ – рабочая длина катушки, см;

$d_к$ – диаметр катушки, см.

Объем семян (см^3), высеянных за один оборот катушки, складывается из объема семян, вынесенных желобками, и объема активного слоя

$$V_0 = V_ж + V_{ак}. \qquad (9.4)$$

За один оборот колеса сеялка проходит расстояние (м)

$$L = \pi \cdot D_к \cdot (1-\delta), \qquad (9.5)$$

где $D_к$ – диаметр колеса сеялки, м (приведен в исходных данных);

δ – коэффициент проскальзывания колес (принимаем δ = 0,1).

За это время катушка поворачивается на i оборотов и выносит из высевающего аппарата $V_0 \cdot i \cdot \gamma$ граммов семян, а засеваемая площадь равна $\pi \cdot D_к \cdot a \cdot (1+\delta)$, м^2. Поэтому норма высева семян (кг/га) может быть вычислена по формуле

$$Q = \frac{10 \cdot V_0 \cdot \gamma \cdot i}{\pi \cdot D_к \cdot a \cdot (1+\delta)}, \qquad (9.6)$$

где γ – плотность семян, г/см^3;

a – ширина междурядья, м;

i – передаточное отношение в механизме привода.

где Q – в кг/га; V_0 – см^3; $D_к$ – м.

В этой работе необходимо определить опытным путем составляющие рабочего объема катушки – объем желобков и объем активного слоя, установить влияние рабочей длины на эти составляющие, изучить зависимость фактической нормы высева от регулируемых параметров, проверить, сохраняется ли линейная зависимость нормы высева от длины рабочей части катушки [7].

Практическая часть

Содержание работы: определить экспериментально составляющие рабочего объема катушки – объем желобков и объем активного слоя; установить влияние рабочей длины на эти составляющие; найти зависимость фактической нормы высева от регулируемых параметров; проверить, сохраняется ли линейная зависимость нормы высева от длины рабочей части катушки.

Исходные данные. Диаметр колеса сеялки $D_к$ = 1,245 м; ширина междурядья а = 0,15 *м*; высеваемая культура, средняя плотность материала γ, передаточное отношение i и скорость движения агрегата приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1 - Исходные данные

Номер варианта	Культура	Средняя плотность материала γ, г/см^3	Скорость движения сеялки $U_м$, м/с	Передаточное отношение, i
1	овес	0,45	2,1	1,33
2	овес	0,55	2,2	1,33
3	ячмень	0,65	2,3	0,616
4	пшеница	0,75	2,4	0,428
5	пшеница	0,85	2,5	0,428

Оборудование и приборы. Стенд (рис. 9.1) для испытания катушечного высевающего аппарата, лабораторные весы, катушечный высевающий аппарат, высевающая катушка, сосуд 0,5 л с водой. Стенд для испытания высевающего аппарата состоит из рамы 6, на которой установлен бункер 1 для семян с высевающим аппаратом 2. Катушка 12 закреплена на валу 3 посредством муфты 11. Такое закрепление позволяет установить желаемую рабочую длину катушки. Вал высевающего аппарата приводится через цепную передачу от электродвигателя с переменной частотой вращения. Частота вращения вала изменяется от 10 до 100 мин$^{-1}$ с помощью блока питания с автотрансформатором путем изменения напряжения в цепи при помощи регулятора 9.

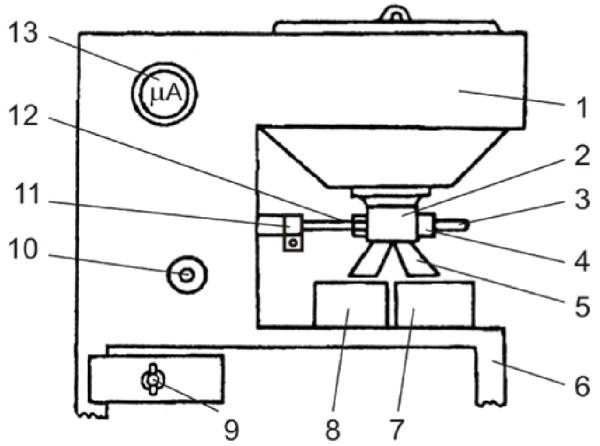


Рис. 9.1. Стенд для испытания высевающего аппарата.

Высеянные семена поступают по зерносливу 5 в два сборника 7 и 8 поочередно. Левый сборник 8 принимает семена в течение времени, за которое катушка 12 делает 9 оборотов. Это настроечный режим работы для корректировки частоты вращения. Режим заканчивается автоматическим переключением делителя на правый сборник 7, который принимает семена в течение 10 оборотов катушки. Это рабочий режим стенда, который тоже заканчивается автоматической переброской делителя на левый сборник 8 и остановкой привода. Для повторного пуска стенда служит кнопка 10.

Порядок выполнения работы

1. Определить частоту вращения вала высевающего аппарата, соответствующую заданной скорости движения сеялки:

$$n = \frac{60 \cdot U_м \cdot i}{\pi \cdot D_к (1+\delta)}. \qquad (9.7)$$

2. Отрегулировать на стенде частоту вращения катушки, соответствующую значению скорости сеялки, и высеять семена за 10 оборотов катушки, устанавливая длину ее рабочей части 1,5; 2,0; 2,5 и 3,0 см. Полученные в каждом опыте семена следует взвесить и результат записать в табл. 9.2.

Таблица 9.2 - Масса семян G, высеянных за 10 оборотов катушки, г

Частота вращения катушки n, мин$^{-1}$	Длина рабочей части катушки, см			
	1,5	2,0	2,5	3,0

3. Определить объем желобков катушки. Он вычисляется как разница объемов цилиндра, в который могла бы вписаться катушка, и самой катушки при условии заполнения пластилином ее отверстия для приводного вала. Объем цилиндра вычисляется по формуле:

$$V_ц = 0{,}25 \cdot \pi \cdot d_к^2 \cdot l_к, \qquad (9.8)$$

где $d_к$ и $l_к$ – диаметр и полная длина катушки, см.

Объем катушки $V_к$ определяется по способу взвешивания вытесненной ею воды при погружении в сосуд. На весы устанавливают сосуд с водой и взвешивают его с точностью до 0,01 г. Затем в него

опускают катушку, удерживая ее за нить в погруженном состоянии. В этом положении сосуд вновь взвешивается. Разница результата взвешивания (в граммах) равна объему катушки (в см^3) при условии, что плотность воды равна 1 г/см^3.

Объем желобков на полной длине катушки равен

$$V'_{ж} = V_{и} - V_{к}. \qquad (9.9)$$

Рабочий объем желобков вычисляется пропорционально длине рабочей части катушки

$$V_{ж} = \frac{V'_{ж} l_{р}}{l_{к}}. \qquad (9.10)$$

Определив четыре значения $V_{ж}$, следует записать их в табл. 9.3.

Таблица 9.3 – Показатели высева семян при постоянной частоте вращения катушки n = _____

Длина рабочей части катушки $l_р$, см	Объем желобков катушки $V_ж$, см^3	Объем активного слоя $V_{ак}$, см^3	Рабочий объем катушки V_0, см^3	Толщина активного слоя $C_о$, см

4. Рассчитать рабочие объемы катушки (см^3) по результатам всех опытов и записать их в табл. 9.3. Расчет проводится по средней плотности материала

$$V_0 = \frac{0{,}1 \cdot G}{\gamma}, \qquad (9.11)$$

где G – масса семян, высеянных за 10 оборотов катушки, г;

γ – средняя плотность материала, г/см^3.

5. Вычислить по формуле (9.4) объемы активного слоя по результатам всех опытов и записать их в табл. 9.3.

6. Рассчитать по формуле (9.3) условную толщину активного слоя семян для всех проведенных опытов.

7. Рассчитать по формуле (9.1) толщину активного слоя семян и результаты занести в табл. 9.3.

8. Рассчитать по формуле (9.2) окружную скорость катушки для значений частоты ее вращения.

9. Рассчитать по формуле (9.1) среднюю скорость $U_{ср}$ истечения семян в активном слое C_0.

10. Представить в графической форме показатели высева семян: данные табл. 9.3 – в функции от длины рабочей части катушки (см. рис. 9.2).

11. Вычислить по формуле (9.6) норму высева семян для всех полученных значений V_0.

12. Представить графически зависимость нормы высева от длины рабочей части катушки (см. рис. 9.2).

13. По графику (рис. 9.2) определить рабочую длину катушки $l_р$ для заданной нормы высева.

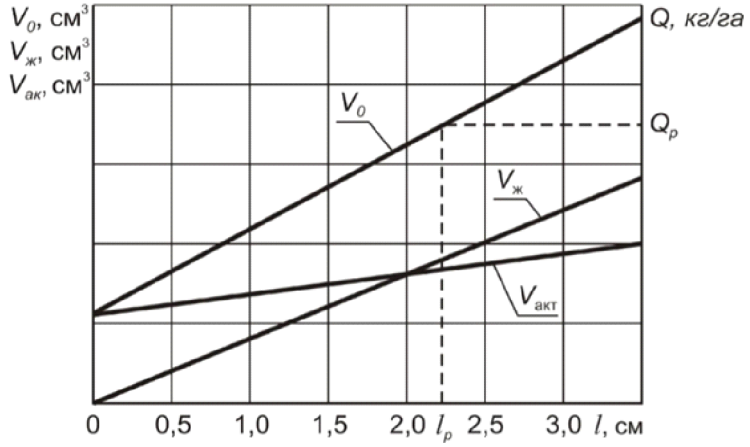


Рисунок 9.2. Зависимость объемов V_0, $V_ж$, $V_{ак}$ и нормы высева Q от рабочей длины катушки.

Контрольные вопросы

1. Для чего служит высевающий аппарат?
2. Как влияет толщина слоя семян на дозирование?
3. Как вычисляется объем желобков катушки?

РАБОТА №10

Расчет пневматического высевающего аппарата сеялки для пропашных культур

Теоретическая часть

Пневматические высевающие аппараты применяются для посева калиброванных и некалиброванных семян кукурузы, подсолнечника, сои, клещевины и других пропашных культур [11, С. 107].

Достоинство аппарата пневматического типа - простота конструкции, большая универсальность и практическое отсутствие дробления семян, хорошее качество распределения семян при повышенных скоростях, исключение необходимости в тщательном калибровании семян на фракции.

Принцип работы таких аппаратов заключается в следующем. Под действием вакуума семена притягиваются к отверстиям диска, находящегося в зоне разряжения, и уносятся из заборной камеры к месту сброса. Во время перехода из зоны разряжения в зону атмосферного давления семя отделяется от диска и падает на одно борозды. В верхней части заборной камеры установлена вилка, соединенная с рычагом. Перемещением последнего по циферблату регулируют положение вилки в зависимости от вида и размера семян так, чтобы на отверстии высевного диска оставалось только дно семя.

Как установлено, захват и вынос семян производится из верхнего слоя толщиной равной двум размерам семян. Поэтому окружающая скорость диска не должна превышать 0,35 м/с, т.к. в противном случае наблюдаются пропуски.

Основным рабочим органом аппарата является высевающий диск с присасывающими отверстиями. Диаметр диска имеет большое значение для точности высева [23, С. 81].

Радиус высевающего диска по центрам присасывающих отверстий может быть представлен в виде трех отрезков, характерных для процесса поштучного отбора семян:

$$R = h_1 + h_2 + h_3, мм,$$

где h_1 – превышение уровня семян в камере над горизонтальным диаметром диска, *мм*;

h_2 – величина подбрасывания лишних семян вверх присосанными семенами, *мм*;

h_3 – половина ширины проходного «коридора» у сбрасывателя лишних семян (селектора), *мм*.

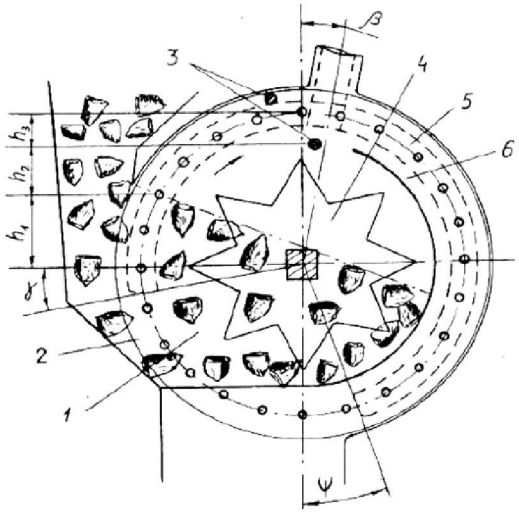


Рисунок 10.1 – Схема пневматического высевающего аппарата:
1 – камера для семян; 2 – высевающий диск; 3 – селектор; 4 – ворошитель; 5 – вакуумная камера; 6 – высевной канал.

Для удержания семени на отверстии диска требуется определить статическое давление, которое и предопределяет скорость воздуха в отверстии диска, а также его расход.

Конструктивные и режимные параметры высевающего аппарата, определяющие диаметр отверстия высевного диска, выбираются таким, чтобы исключить прохождение через его отверстие семян при присасывании, т.е. должно соблюдаться условие:

$$d_0 \prec d_T, \qquad (10.1)$$

где d_0 - диаметр отверстия диска, м;

d_T - среднегеометрический размер зерна, м.

$$d_T = \sqrt[3]{abc}, \qquad (10.2)$$

где *a*, *b*, *c* - соответственно длина, толщина и ширина зерна, м.

Значение параметра h_1 определяется по формуле:

$$h_1 = 2{,}5 \cdot d_T, мм. \qquad (10.3)$$

Задавшись количеством отверстий на диске, расстоянием между ними и расстоянием от центра отверстия до периферии диска определяем диаметр высевного диска.

$$D = \frac{n_0(d_0 + 2a)}{\pi} + 4a, \qquad (10.4)$$

где D - диаметр диска, м;

d_0 - диаметр отверстия диска, м;

n_0 - число отверстий на диске;

a - длина зерна, м.

Формула (10.4) выведена из условий, что расстояние между ячейками и от центра ячеек до периферии диска равно двум длинам семян a.

Частота вращения диска

$$n_q = \frac{30 \cdot v_c}{n_0 \cdot l}, \qquad (10.5)$$

где V_c - скорость сеялки, м/с; принимаем 4-8 км/ч;

l - интервал между семенами, м; принимаем 0,1-0,3 м.

Скорость вращения диска

$$V_q = \frac{\pi \cdot D \cdot n \cdot q}{60}. \qquad (10.6)$$

Величину подбрасывания лишних семян вверх можно вычислить, зная начальную скорость, которую они получают при взаимодействии с присосанными семенами. Если известна максимально возможная скорость вращения диска $V_д$, то время взлета семян на высоту h_2 будет равно

$$t = \frac{V_д}{g}, с,$$

а высота подбрасывания

$$h_2 = \frac{gt^2}{2}, м.$$

При расчетах необходимо выполнить проверку условия: окружная скорость диска должна быть меньше 0,35 м/с

$$V_q \le 0{,}35 м/с. \qquad (10.7)$$

Частота вращения колеса сеялки

$$n_k = \frac{30 \cdot v_c}{\pi \cdot D_k}, \qquad (10.8)$$

где D_k - диаметр колеса сеялки, м. (обычно D_k = 0,5 м).

Тогда передаточное отношение определится

$$i = \frac{n_d}{n_л}. \qquad (10.9)$$

Расстояние между штырями селектора должно быть таким, чтобы при регулировке было возможно его полное отключение от процесса высева, т.е. даже самое крупное семя, присосанное в крайней точке по своей длине, не должно касаться штырей. Поэтому размер h_3 должен быть равен длине самого крупного семени для культуры, заданной по варианту. Например, для семян кукурузы $h_3 = l_{max}$ = 17 *мм* [23, С. 83].

Таким образом, минимально возможный диаметр высевающего диска по центрам присасывающих отверстий может быть вычислен по выражению

$$D = 2(h_1 + h_2 + h_3), мм.$$

Из схемы работы высевающего аппарата (см. рис. 10.1) видно, что радиус диска по его габаритному размеру должен быть больше радиуса по окружности центров ячеек на длину самого крупного семени, поэтому

$$D_г = D + 2l_{max} мм,$$

где $D_г$ – диаметр высевающего диска по его габариту, *мм*;

l_{max} – максимальная длина семени, *мм*.

Толщина высевающего диска должна быть возможно меньше, чтобы исключить забивание присасывающих отверстий осколками семян, пылью и другими примесями. Однако для сохранения своей жесткости диск должен иметь толщину около 3 *мм* [23, С. 84].

Статическое давление (разряжение)

Из условия равновесия сил, действующих на семя, находящееся на отверстии и пренебрегая величиной центробежной силы в виду малой ее величины (диск вращается медленно) определим статическое давление, необходимое для удержания семени

$$\Delta P = \frac{4 \cdot mg}{\mu \cdot \pi \cdot d_0^2 \cdot f}, \qquad (10.10)$$

где ΔP - перепад давления, Па;

m - масса зерна, кг;

μ - коэффициент расхода воздуха, μ = 0,7 - 0,8;

f - коэффициент трения зерна о поверхность диска.

На практике величина перепада давления ΔP должна быть на порядок выше силы тяжести семян.

Скорость воздуха в отверстии диска

$$V_n = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, \qquad (10.11)$$

где V_n - скорость воздуха, м/с;

ρ - плотность воздуха, = 1,2 кг/м^3.

Расход воздуха через один аппарат сеялки

$$Q_1 = f_0 \cdot V_n \cdot n_0 \qquad (10.12)$$

где Q_1 - расход воздуха, м^3/с;

f_o - площадь отверстия диска, м^2.

Мощность на привод вентилятора (Вт)

$$N = \frac{\Delta P \cdot Q_1 \cdot n_a}{\eta}, \qquad (10.13)$$

где η - к.п.д. вентилятора, η = 0,5 - 0,6;

n_a - число аппаратов [22].

Таблица 10.1 – Физико-механические свойства семян

Семена	Размеры, мм			Масса 1000 семян, г	Коэффициент трения о сталь, f
	длина, мм	ширина, мм	толщина, мм		
Сахарная свекла	5,0	4,5	2,0	15,8	0,49
Кукуруза	14	5,5	3,2	360	0,36
Соя	8	6,5	6,3	16,0	0,32
Подсолнечник	12,1	6,25	4,1	74,5	0,35
Клещевина	11,5	7,7	5,2	300	0,45

Диаметр присасывающего отверстия, который был установлен проф. Будаговым А.А., определяется из выражения:

$$d = (0{,}6 - 0{,}7) \cdot b_c,$$

где b_c - средняя ширина семени, мм.

Число ячеек на диске:

$$z = \frac{\pi D_д}{T},$$

где $D_д$ - диаметр диска по осям ячеек;

T - шаг ячеек на диске.

Шаг ячеек определяется:

$$T = d + \Delta d,$$

где d - диаметр присасывающих отверстий;

Δd - перемычка между отверстиями.

Шаг ячеек должен быть больше двух максимальных длин семени, т.е.

$$T = 2l_{\max}. \qquad (11)$$

Частота вращения диска для наилучшего заполнения ячеек семенами определяется:

$$n = \frac{60 \cdot v_д}{\pi \cdot D_д},$$

где $V_д$ - линейная скорость диска по осям ячеек,

(V_{min} = 0,25 м/с; V_{max} = 0,4 м/с).

В заключении необходимо вычертить в масштабе 1:2 фрагмент высевающего диска (рис. 10.2) секции пневматической сеялки.

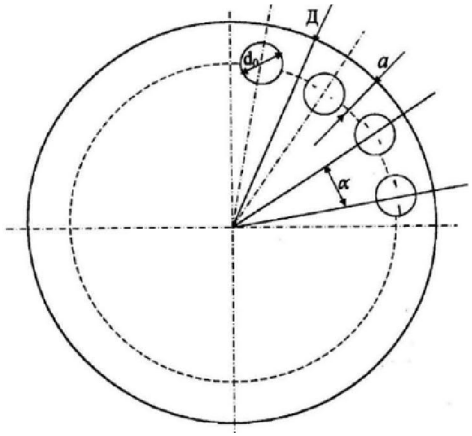


Рисунок 10.2. Фрагмент диска.

Контрольные вопросы

1. Для высева каких культур применяются пневматические высевающие аппараты?
2. Какую толщину может иметь высевающий диск?
3. От чего зависит диаметр присасывающих отверстий диска?
4. Чему равен шаг ячеек диска?

РАБОТА №11

Обоснование основных параметров рабочих органов пропашного культиватора и их расстановка на секции

Цель работы. Обосновать параметры полольных рабочих органов, расставить рабочие органы на секции.

Теоретическая часть

Лапа культиватора действует на почву как клин с углом α (угол подъема), создавая в ней сжимающие и сдвигающие напряжения. Угол 2 γ между режущими лезвиями лапы в горизонтальной плоскости называют углом раствора (рис. 11.1) [12, С.20-21].

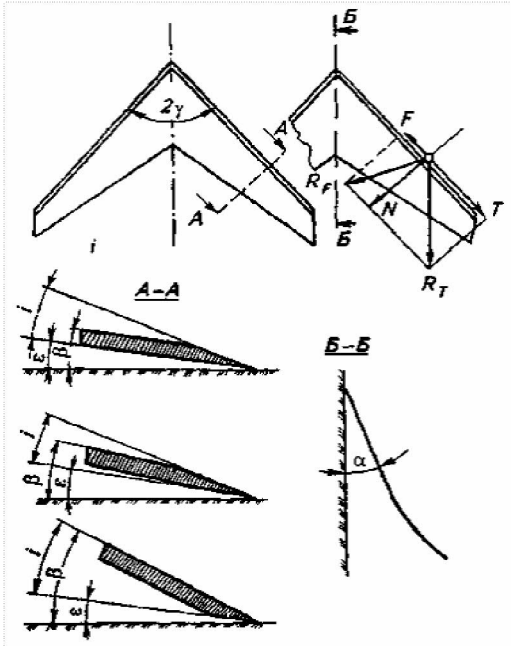


Рисунок 11.1 – Схема к обоснованию параметров культиваторных лап.

От значения γ зависит степень подрезания сорняков. Для предотвращения обволакивания лезвия сорняками и почвой необходимо, чтобы

$$\gamma < 90° - \varphi, \qquad (11.1)$$

где φ = 26,5° - угол трения сорняка по лезвию лапы.

На песчаных почвах принимают 2γ = 75...80°, на черноземах - 55...60°, для плоскорезов - 75...120°.

При γ> = 90°- φ - резание происходит без скольжения, и может происходить выдергивание и обматывание лезвия корнями. Аналогичное явление получается и при увеличении влажности. Корни на концах лезвия иногда подрезаются не полностью, если путь движения их по лезвию оказывается коротким. Для устранения этой опасности лапы культиваторов расставляют в два ряда с некоторым перекрытием Δb, значение которого выбирают из условия обеспечения полного подрезания [12, С.20]:

$$\Delta b = L \cdot tg\delta,$$

где L - расстояние между передней и задней лапами; δ = 7...9° - угол случайного отклонения культиваторов и плоскорезов от прямой линии.

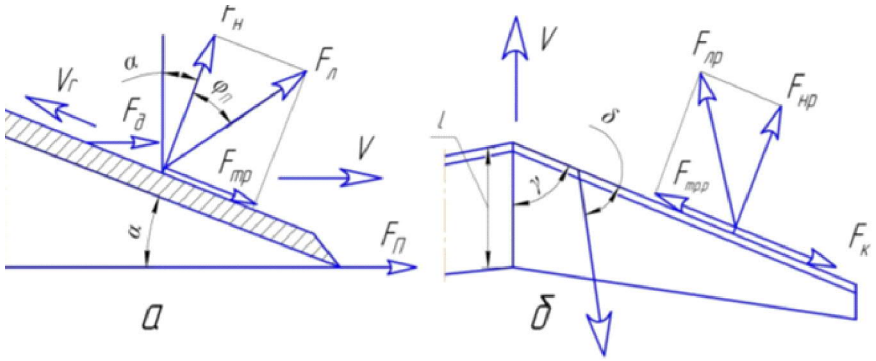


Рисунок 11.2. Схемы взаимодействия лемеха с почвой:
а – продольное перемещение почвы по грани; б – направление смещения почвы и растительности в сторону

При работе стрельчатых лап с углом крошения α > 0° по лемеху и лезвию перемещается как почва, так и растительность, при α = 0 – только растительность [14].

Известно, что угол трения почвы по стальной поверхности φ больше, чем угол трения растительности $\varphi_р$, поэтому при α > 0°: φ = 22°; γ =34°. Следовательно, угол 2γ не должен превышать 64° для лап с α > 0° и 78° - с α = 0°.

Скорость продольного движения подрезаемого пласта почвы по грани лапы (рис. 11.2,а):

$$V_Г = V \times cos\alpha,$$

где V – скорость рабочего движения агрегата, м/с; при α = 0; $V_Г = V$.

При увеличении угла α скорость $V_Г$ снижается, происходит сгруживание почвы, образование валика. Двугранный клин толкает эту почву вперед. Кроме того, из-за наличия угла γ происходит смещение подрезаемого пласта в сторону. Угол между траекторией движения пласта почвы по грани лемеха и ее лезвием δ (рис. 11.2,б) определяется из выражения:

$$tg\delta = cos\alpha \cdot tg\,\gamma.$$

При α = 0, $tg\delta = tg\,\gamma$, δ = γ – смещение почвы в стороны не происходит. При увеличении угла α под действием силы $F_л$ идет смещение почвы, фонтанирование ее вверх и в стороны. Образуется бороздка с открытым дном, что увеличивает испарение почвенной влаги.

Максимальную ширину захвата стрельчатой лапы можно определить по следующей зависимости:

$$b_{\max} \langle \frac{\cos(\gamma+\alpha)}{1{,}3 \cdot \cos\varphi_р}, м,$$

где $\varphi_р$ – угол трения растительности по стальной поверхности, град.

Ширину захвата лапы определяют по формуле:

$$b_л = b_м - b_з + b_п,$$

где $b_м$ – ширина междурядья, м;
$b_з$ – ширина защитной зоны, м;
$b_п$ – ширина перекрытия, м.

Для уменьшения числа борозд, снижения выноса влажной почвы на дневную поверхность целесообразно использовать плоскорежущие лапы шириной захвата 450…500 мм с углом крошения α = 0° [14].

Подрезные полольные лапы предназначены для подрезания корней сорных растений. Форма подрезной лапы определяется в основном углом раствора γ и углом постановки крыла лапы на горизонтальной плоскости (рис. 11.3). Наряду с этим существенны и такие показатели, как ширина захвата лапы *b*, затылочный угол Δε и угол заточки *i* (рис. 11.3) [11].

Рисунок 11.3. Способы заточки лап.

Заточка культиваторных лап может быть осуществлена в трех вариантах - верхняя (а), комбинированная (б) и нижняя (в). Лучше всего лапы затачивать снизу, так как в этом случае лапа изнашивается равномернее и обладает некоторой способностью самозатачиваться.

Угол заточки *i* берется в пределах 12-15°, а затылочный угол $\Delta\varepsilon = 10°$. Тогда угол крошения $\beta = i + \Delta\varepsilon = 22...25°$. Универсальные лапы имеют $\beta = 28...30°$.

Угол раствора лезвия 2γ имеет большое значение для качества выполнения работы. Обоснование величины угла раствора необходимо для обеспечения скольжения стеблей и корней растений по лезвию с тем, чтобы облегчить перерезание их и устранить обволакивание лапы, если перерезания не происходит [11].

Размещение стрельчатых лап на культиваторах, предназначенных для сплошной обработки почвы, производится с учетом необходимого перекрытия b (рис. 11.4) для полного подрезания сорняков.

Значение Δb колеблется в пределах 40...80 мм. При выбранной величине перекрытия расстояние А между лапами в ряду будет $A = 2(b - \Delta b)$.

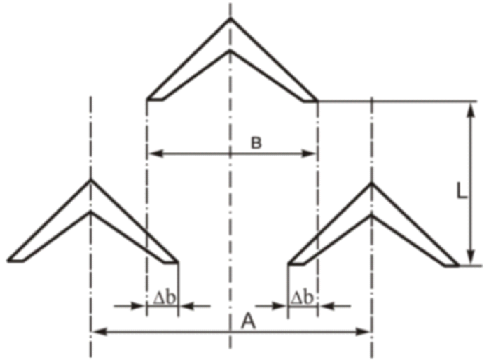


Рисунок 11.4. Размещение стрельчатых лап.

Лапы культиваторов обычно размещают в два или три ряда из условия предотвращения забивания их растительными остатками. На практике при индивидуально-поводковой системе крепления лап принимают L = 400...500 мм.

Расстановка лап на пропашном культиваторе производится по заданным схемам посева с учетом ширины захвата лап и величины защитной зоны ***c*** (рис. 11.5)

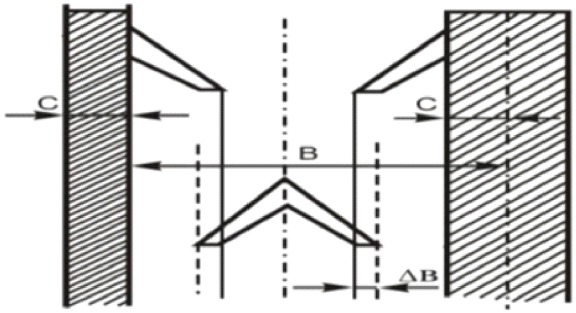


Рисунок 11.5. Размещение полольных лап.

Исходным размером для размещения лап является ширина междурядья ***B.*** Величина защитной зоны с зависит от типа лап, глубины обработки, степени развития растений. Она колеблется в весьма широких пределах и составляет 6-11 см для односторонних лап, 8-16 - для стрельчатых. В основу размещения рыхлительных лап на раме положены соображения о возможной зоне деформации почвы [11].

Типы крепления рабочих органов культиватора к раме

Рабочие органы культиваторов прикрепляют к стойкам, а их связывают с рамой машины жестко или шарнирно.

При жестком креплении стойки 1 вместе с рабочими органами 2 прикрепляют болтами к брусу рамы культиватора 3 (рис. 11.6). Такое соединение применяется в машинах с небольшой шириной захвата и большой глубиной хода рабочего органа (культиваторы-плоскорезы, чизели-культиваторы). Глубина хода рабочих органов в данной схеме определяется силой тяжести машины P и реакцией почвы R_{zx} на рабочие органы. Глубина хода регулируется и ограничивается опорными колесами 4.

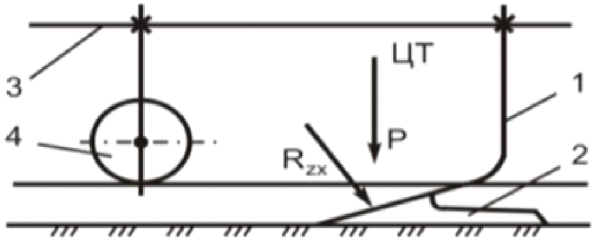


Рисунок 11.6 – Схема жесткого крепления рабочих органов к раме культиватора

Способ жесткого крепления отличается от других простотой конструкции, но ограниченной возможностью копирования рельефа поля. Поэтому неравномерность обработки почвы по глубине зависит от рельефа поля и ширины захвата машины.

Шарнирное присоединение стоек к раме машины бывает одноповодковым и четырехзвенным. Различают индивидуально-поводковую и секционную системы крепления. При индивидуально-поводковой системе к каждому поводку присоединяют по одному рабочему органу, а при секционной - несколько рабочих органов.

Одношарнирная система крепления позволяет лучше, чем жесткое крепление, копировать рельеф поля как в продольном, так и поперечном направлении (рис. 11.7). При такой системе крепления рабочий орган заглубляется под действием силы тяжести P_c секции, реакции почвы R_{zx} на рабочие органы, а также при помощи пружин (сила F_n). Устойчивая работа системы будет иметь место в том случае, когда

$$P_c l_1 + F_n l_2 = R_{zx} h + N l_3,$$

где N - реакция почвы на опорную поверхность лапы; l_1, l_2, l_3 и h – плечи соответствующих сил относительно точки А крепления поводка.

Глубина хода рабочего органа ограничивается упорами штанг l, а регулируется опорными колесами культиватора и степенью натяжения пружин.

Так как сопротивление почвы R_{zx} - величина переменная, которая зависит от физико-механических свойств почвы и глубины обработки, то и момент $R_{zx}h$ будет варьировать. Следовательно, глубина хода лапы при одноповодковом креплении будет переменной и неустойчивой [11, С. 58-59].

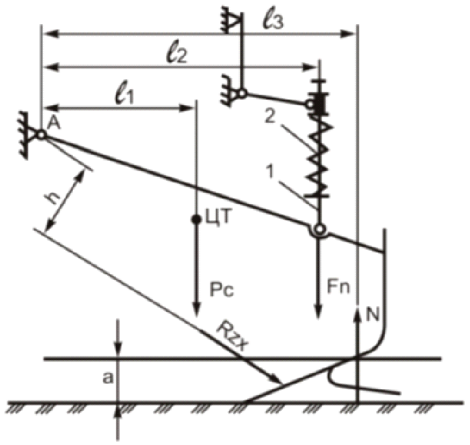


Рис. 11.7. Одношарнирное крепление рабочих органов к раме.

Двухпроводковое крепление рабочих органов (рис. 11.8) имеет плоскопараллельный четырехзвенный механизм [11, С. 60].

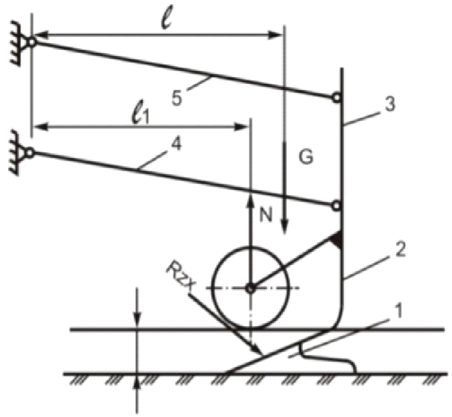


Рис. 11.8 – Схема двухповодкового крепления рабочих органов.

Рабочие органы 1 со стойками 2 прикреплены к грядилю 3, который крепится к раме культиватора через поводки 4 и 5. Регулирование глубины обработки почвы производят опорным колесом 6,

при этом угол установки рабочего органа к поверхности поля не меняется.

Двухповодковая система применяется для крепления лап в пропашных культиваторах, сошников в свекловичных и кукурузных сеялках, а также в посадочных машинах. При этом рабочие органы лучше копируют неровности микрорельефа поля и выдерживают заданную глубину обработки.

Условие равновесия лапы при работе будет $N_1 = G \cdot l$.

Сила сопротивления лапы культиватора R_{zx} на равновесие рабочей секции не влияет, так как создаваемый ею момент воспринимается горизонтальными тягами четырехзвенника. Верхняя тяга под действием момента сопротивления со стороны почвы будет сжиматься, а нижняя растягиваться.

Двухповодковое крепление особенно ценно при культивации на малую глубину, когда незначительное отклонение по глубине приводит к ухудшению показателей качества работы [11, С. 58-61].

Контрольные вопросы

1. Напишите условие подрезания сорняков, исключающее обволакивание рабочего органа секции культиватора.
2. Чем отличается схема размещения стрельчатых лап на культиваторах, предназначенных для сплошной от междурядной обработки почвы?
3. Какие способы крепления рабочих органов на раме культиватора вы знаете?
4. Чем ограничивается глубина хода рабочих органов культиваторов для сплошной и междурядной обработки почвы?

РАБОТА №12

Теория и расчет машин для внесения гранулированных минеральных удобрений

В зависимости от времени внесения и целевого назначения удобрения различают три способа внесения: основное, припосевное и подкормку. При основном способе удобрения разбрасываются по поверхности поля с последующей их заделкой в почву плугом, культиватором, лущильником. Припосевное внесение производится в рядки при посеве зерновых, свеклы, картофеля, а подкормка может быть предпринята в течение всего срока вегетации [23, С. 96].

Как указывает Минеев В.Г.: «Перед внесением в почву или разбрасыванием по ее поверхности минеральные удобрения должны быть подготовлены по определенным требованиям. Если они слежались, то их измельчают и просеивают. Затаренные удобрения освобождают от мешкотары. При измельчении разрушение гранул до размера частиц меньше 1 *мм* не должно превышать 5%, а наличие частиц более 5 *мм* в измельченной массе не допускается» [24].

Неравномерность распределения при поверхностном внесении удобрений по всей площади поля не должна превышать 25% для кузовных машин и 15% - для туковых сеялок.

Расчет количества лопаток на дисках

Диаметр разбрасывающих дисков, частота их вращения, высота установки над полем, форма конусности, угол наклона лопаток к радиусу являются важнейшими конструктивными параметрами, от которых зависит дальность полета минеральных удобрений, а следовательно, и ширина захвата машины. Наряду с ними на дальность полета влияют физические свойства удобрений, особенно коэффициент парусности частиц и коэффициент трения частиц по диску [23, С. 98].

Количество лопаток на разбрасывающем диске влияет на интервал пульсирования, т.е. ширину полоски поля (по направлению движения машины), которая засевается удобрениями с одной лопатки. Количество лопаток на диске [23] равно:

$$z = \frac{60 \cdot V}{n \cdot b},$$

где V – скорость движения агрегата, рекомендуется принять в расчётах $V = 2{,}78$ *м/с*;

n – частота вращения диска, *мин*$^{-1}$;

b – интервал пульсирования, *м*. Рекомендуется принимать $b = 0{,}05$ *м*.

Определение дальности полета удобрений

Исходными данными являются диаметр D диска, частота его вращения ω, высота H точки схода частиц над поверхностью почвы, коэффициенты f_1 и f_2 трения частиц о поверхность диска и о лопатки, а также коэффициент k_n парусности основной массы крупных частиц минеральных удобрений.

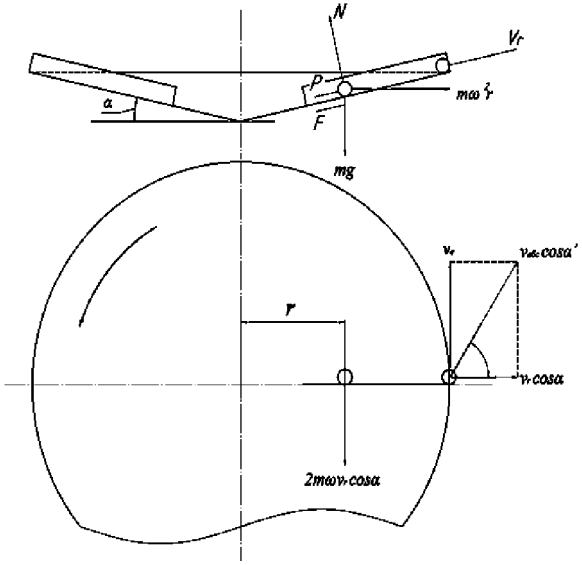


Рисунок 12.1 – Силы, действующие на частицу при ее движении по диску, и скорости схода частицы с конца лопатки.

Допустим, частица падает на диск на расстоянии r_0 от его оси вращения. В расчете принято допущение, что в момент падения на быстро вращающийся диск частица на нем проскальзывает, оставаясь практически на месте до встречи с лопаткой, после чего она сразу приобретает скорость лопатки и начинает свое движение в радиальном направлении вдоль лопатки к точке схода с диска. В процессе этого движения на частицу действуют сила тяжести mg (рис. 12.1), центробежная сила $m\omega^2 r$, сила нормального давления N, сила Кориолиса $2m\omega V_r \cos\alpha$, сила трения F и сила инерции P, где m – масса частицы; g – ускорение свободного падения; ω – частота вращения диска, *рад/с*; r – текущий радиус вращения частицы вокруг центра диска, *м*; V_r – относительная скорость движения частицы вдоль лопатки, *м/с*; α – угол наклона образующей конуса диска к горизонту [23, С. 99]. В результате действия этих сил частица приобретает ускорение

$$a = \omega^2 r \cdot \cos\alpha - f_1 \cdot \left(g\cos\alpha + \omega^2 r \cdot \sin\alpha\right) - 2 f_2 \omega V_r \cos\alpha - g \cdot \sin\alpha. \quad (12.1)$$

Здесь определению подлежит относительная скорость V_r частицы вдоль лопатки, причем нас интересует эта скорость на сходе с диска. Очевидно, что она нарастает по мере продвижения частицы вдоль лопатки, но и текущий радиус r делает переменными другие слагаемые выражения (12.1), откуда можно заключить, что ускорение a не является постоянным по мере удаления частицы от центра вращения. Поэтому задача определения V_r решается последовательными вычислениями скорости и ускорения частицы в промежуточных точках от места подачи на диск ($r = r_0$) до точки схода с диска ($r = R$). Чем больше будет промежуточных точек, то есть чем меньше шаг вычисления, тем точнее будет конечный результат.

Для аналитического исследования движения частицы предлагается выбрать место ее подачи на диск в десяти сантиметрах от оси вращения, т.е. $r_0 = 0{,}1$ *м*, и разбить путь ее движения вдоль лопатки на n отрезков ($n = 4\ldots6$). Тогда длина каждого отрезка

$$s = \frac{R - r_0}{n \cdot \cos\alpha}, \text{ м}, \quad (12.2)$$

где R – радиус диска, *м*;

α – угол наклона образующей конуса диска к горизонту.

Вычислить длину отрезка s по выражению (12.2). Подготовить таблицу (12.1), заполнив при этом два первых столбца. Следует помнить, что с каждой строчкой радиус r нарастает на величину $s \cdot \cos\alpha$.

Считая, что в момент прихода частицы на диск ($r = r_0$) она еще не имеет относительной скорости вдоль лопатки ($V_{r1} = 0$), следует вы-

числить по выражению (12.1) ее ускорение вдоль лопатки в этой начальной точке.

Таблица 12.1 – Режим разгона частицы вдоль лопатки диска

Номер отрезка s пути	Радиус r в начале отрезка, *м*	Скорость V_{ri} в начале i-го отрезка, *м/с*	Ускорение a_i частицы на i-м отрезке, *м/с*^{2}	Скорость V_i в конце i-го отрезка, *м/с*	Время t_i движения частицы на i-м отрезке, *с*
1 2 3 4 5 6	0,10	0			
Радиус диска R = *м*. Относительная скорость частицы при отрыве от диска V_r = *м/с*. Общее время разгона t = *с*. Угол поворота диска за время разгона $Q = \omega t$ = *рад*.					

Принимая это ускорение a_1 постоянным на первом отрезке s, можно определить относительную скорость частицы в конце этого отрезка:

$$V_1 = \sqrt{2a_1 s + V_0^2}, м/с \qquad (12.3)$$

где V_0 – относительная скорость частицы в начале первого отрезка, $V_0 = 0$.

Вычислить время движения частицы на первом отрезке:

$$t_1 = \frac{V_1 - V_{r1}}{a_1}, c. \qquad (12.4)$$

Заполнить первую строчку таблицы 12.1 [23, С. 102].

Следующий этап вычислений – это определение относительной скорости и относительного ускорения частицы на втором отрезке s. Для этого сначала определяют ускорение a_2 по выражению (12.1), подставляя туда радиус r из таблицы 12.1 и считая, что относительная скорость $V_{r2} = V_1$. После определения ускорения a_2 вычисляют скорость V_2 в конце второго отрезка:

$$V_2 = \sqrt{2a_2 s + V_1^2}, м/с \qquad (12.5)$$

Вычисляем время движения частицы на втором отрезке и заполняем полученным значением вторую строку таблицы 12.1:

$$t_2 = \frac{V_2 - V_1}{a_2}, c.$$

Для третьего отрезка s вычисляют по выражению (12.1) ускорение a_3, подставив туда соответствующий радиус r из таблицы 12.1, затем по выражению (12.5) вычисляют V_3, подставив туда a_3 и V_2.

Вычисляем время движения частицы на третьем отрезке и заполняем третью строчку таблицы 12.1:

$$t_3 = \frac{V_3 - V_2}{a_3}, c.$$

Аналогичные расчеты продолжают для всех отрезков s лопатки до точки схода частицы с диска. Вычислить результирующие показатели и заполнить нижнюю часть таблицы 12.1.

После составления таблицы 12.1 следует определить абсолютную скорость $V_{абс}$ частицы при сходе с диска, угол α' направления этой скорости по отношению к горизонту, угол β (см. рисунок 12.1) по отношению к радиусу и дальность L ее полета.

Абсолютная скорость схода частицы с диска определяется геометрическим сложением переносной скорости диска $Ve = \omega \cdot R$ и относительной скорости V_r вдоль лопатки при отрыве от диска:

$$V_{абс} = \sqrt{\omega^2 R^2 + V_r^2}, м/с, \qquad (12.6)$$

где V_r – максимальная относительная скорость частицы V_i на последнем отрезке s из таблицы 12.1, м/с. Определить угол подъёма вектора абсолютной скорости $V_{абс}$ по отношению к горизонту:

$$\alpha' = \arcsin \frac{V_r \sin\alpha}{V_{абс}}. \qquad (12.7)$$

Вычислить угол β направления полета по отношению к радиусу, проведенному в горизонтальной плоскости в точку схода:

$$\beta = arctg \frac{V_e}{V_r \cos\alpha}. \qquad (12.8)$$

Дальность полета может быть вычислена по формуле:

$$L = \frac{1}{k_n}\ln\left(T_n k_n V_{абс} \cdot \cos\alpha' + 1\right), м, \qquad (12.9)$$

где k_n – коэффициент парусности частицы, м$^{-1}$;

T_n – время полета частицы, с.

Для определения времени полета T_n примем допущение, что ввиду сравнительно малой скорости полета в ее проекции на вертикаль можно пренебречь сопротивлением воздуха и считать, что время T_1 подъема частицы на вершину траектории и время T_2 опускания до контакта с землей может быть вычислено без учета сопротивления воздуха (рис. 12.2).

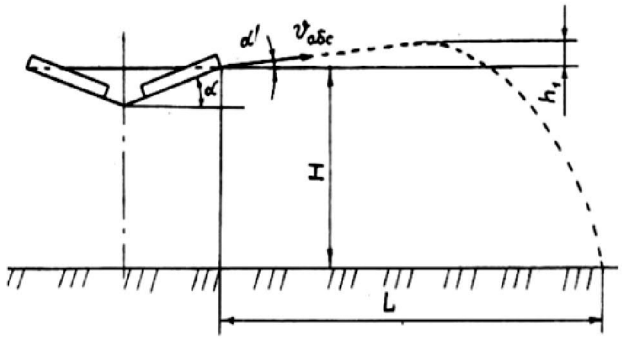


Рисунок 12.2 – Схема к расчету времени полета частицы.

Время подъема по траектории на высоту h_1 и время опускания с высоты $H + h_1$ определяется по известным зависимостям

$$T_1 = \frac{V_{абс} \cdot \sin\alpha'}{g}; \qquad T_2 = \sqrt{\frac{2(H + h_1)}{g}}, c, \qquad (12.10)$$

где $h_1 = 0{,}5gT_1^2, м$.

H – высота над поверхностью почвы точки схода удобрений с дисков, *м*.

Общее время полета складывается из времени подъёма и времени опускания:

$$T_n = T_1 + T_2, c. \qquad (12.11)$$

Вычислить дальность полёта удобрений по выражению (12.9).

На летящую частицу действуют сила инерции $P = m\frac{dv}{dt}$, сила сопротивления воздуха, направленная по касательной к траектории полета навстречу движению $R = k_n m v_x^2$, сила тяжести

$$G = mg,$$

где m – масса частицы; v_X – скорость полета [7, С. 32].

Максимальную ширину разброса удобрений однодискового аппарата в двух направлениях можно вычислить по формуле:

$$B_{\max} = 2L,$$

а для двухдискового аппарата

$$B_{\max} = 2L + l_a,$$

где l_a – расстояние между центрами разбрасывающих дисков.

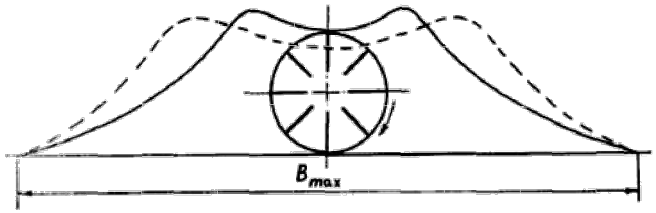


Рисунок 12.3 – Теоретическая (сплошная) и опытная (штриховая) кривые распределения удобрений по ширине захвата.

Из эпюры распределения удобрений по дальности полета (рис. 12.3) видно, что для получения равномерного слоя удобрений следует предусмотреть перекрытие зон разбрасывания при смежных проходах агрегата. Это перекрытие должно составлять 25...30 % максимальной ширины рассева:

$$B_p = (0{,}7...0{,}75)B_{\max}.$$

Секундный расход удобрений q (кг/с), поступающих на диск, находят по выражению:

$$q = QB_p v_м,$$

где Q – норма внесения удобрений, кг/м^2;

$v_м$ – скорость движения машины, м/с [7, С.32].

Среднее значение действительной толщины слоя h (м) удобрений на транспортере, выносящем их через дозирующее окно шириной b (м), можно определить из уравнения

$$h = \frac{q}{b v_T \rho},$$

где $v_т$ – скорость движения транспортера, м/с; плотность удобрений ρ = 900...1200 кг/м^3 .

Контрольные вопросы

1. Какие параметры влияют на дальность полета частицы ?
2. Как рассчитывается абсолютная скорость схода частицы с диска?
3. Как определяется время полета гранулы минерального удобрения?
4. Чему равна максимальная ширина разброса удобрений?

РАБОТА №13

Определение критериев качества опрыскивания

У всех опрыскивателей рабочая жидкость дробится на капли наконечниками. Вентиляторы дополнительно дробят и транспортируют жидкость или же только транспортируют ее.

Распылители-наконечники предназначены для дробления и равномерного распределения струи рабочей жидкости на опрыскиваемых растениях. Различают несколько типов рабочих органов распылителей: дефлекторные, центробежные, щелевые, веерные, полевые и садовые с вращающимся сердечником брандспойты (рис. 13.1).

Распыливающие наконечники (распылители) преобразуют струю жидкости в сплошной или полый конус, веер, сплошную пленку. Распылители - наиболее ответственные части опрыскивателя, от правильной подборки которых зависит равномерность нанесения ядохимиката на растение.

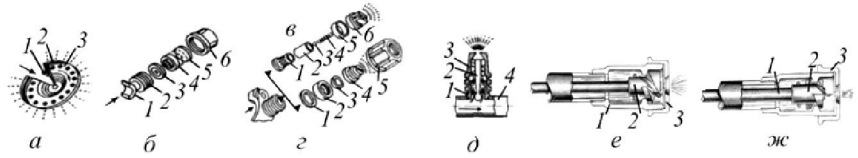


Рис. 13.1. Распыливающие наконечники опрыскивателей:
а – центробежно-дисковый: 1 – крышка; 2, 3 – диски; б – центробежно-вихревой: 1 – скоба; 2 – ниппель; 3 – фильтр; 4 – завихритель; 5 – шайба; 6 – гайка-колпачок; г – щелевой с отсечным клапаном: 1 – ниппель; 2 – корпус клапана; 3 – клапан; 4 - пружина 5 – пробка; 6 – вкладыш; в – щелевые с отсечным клапаном: 1 – уплотнительное кольцо; 2 – корпус клапана; 3 – клапан; ниппель; 4 – вкладыш щелевой; 5 – гайка-колпачок; д – полевой: 1 – колпачок; 2 – сердечник; 3 – ниппель; е – брандспойт с широким факелом распыления; ж - брандспойт с узким факелом распыления: 1 – корпус; 2 – подвижный сердечник; 3 – наконечник-втулка.

Дефлекторные распылители с вкладышем дробят жидкость на крупные капли диаметром 250-400 мкм. Применяют на штанговых

опрыскивателях для внесения больших доз рабочих жидкостей. На поверхности вкладыша сделано углубление, а по оси - канал-сопло. Струя жидкости ударяется в стенку углубления и распадается на капли.

Центробежно-дисковый распылитель (рис.13.1, а) представляет собой вращающуюся головку, составленную из одной или более пар дисков 2, 3. Между дисками каждой пары образуется узкий канал шириной 2,5 мм. Жидкость по напорной магистрали поступает в центр диска 3, под действием центробежной силы перемещается по каналу к наружным кромкам дисков и дробится на капли диаметром 60-150 мкм. Такие распылители применяют на вентиляторных малообъемных и ультрамалообъемных опрыскивателях, обеспечивающих внесение жидких ядохимикатов дозой от 1 до 100 л/га .

Центробежно-вихревой распылитель (рис. 5, б) имеет капроновую скобу 1, в ниппель 2 которой вложены фильтр 3 и камера завихрения (завихритель) 4 и шайба 5 с калиброванным отверстием, удерживаемая гайкой 6. После прохождения через камеру завихрения жидкость получает вращательное движение, выходит из распылителя в виде полого конического факела. Каждый наконечник укомплектован сменными камерами завихрения и распыливаюшими шайбами с отверстиями диаметром 2 и 3 мм. Распылители такого типа обеспечивают тонкий распыл жидкости. Их применяют на штанговых опрыскивателях для обработки посевов дозой 75-150 л/га.

Щелевые распылители с отсечным клапаном (рис. 5, в, г) снабжены распыливающими вкладышами, отверстие в каждом выполнено в виде узкой щели, расширяющейся в сторону выхода жидкости. Проходя под давлением через такое отверстие, жидкость образует плоский факел распыла в форме веера. Щелевые распылители обеспечивают грубую дисперсность распыла по ширине захвата, их применяют для сплошного или ленточного внесения гербицидов, располагая так, чтобы плоскость факела распыла составляла с направлением движения агрегата угол 80-85°.

Щелевые и центробежные распылители, используемые для опрыскивания растений, снабжают резиновыми шариковыми клапанами отсечки. Клапан перекрывает проход жидкости из коллектора штанги к вкладышу, прекращая подачу жидкости в штангу на краю поля и предотвращая тем самым неуправляемое вытекание.

Полевой распылитель (рис. 5, д) содержит пластмассовый колпачок 1 с выходным отверстием и сердечник 2 с винтовыми канавками. Диаметр отверстия колпачка 1,5 или 2 мм. Винтовые канавки закручивают поток жидкости.

Колпачки для давления выше 0,5 МПа армируют металлокерамическими вставками. Полевые наконечники формируют струю распыленной жидкости длиной 1-2 м. Их используют в основном на ранцевых и ручных опрыскивателях. Такие наконечники обеспечивают тонкий распыл жидкости, что позволяет применять их для опрыскивания растений раствором с высокой концентрацией действующего вещества (препарата).

Обычные брандспойты имеют большой радиус действия (4-15 м) и находят применение при опрыскивании отдельных высокорослых деревьев. Для обеспечения универсальности применения садовый наконечник, или садовый брандспойт (рис. 5 е, и), имеет подвижный, регулируемый сердечник, при помощи которого достигаются различная ширина факела, дальность подачи струи и степень диспергирования рабочей жидкости.

Сердечник имеет винтовую прорезь, при помощи которой соединяется с винтовым буртиком корпуса. В процессе работы, вращая тягу, сердечник по винтовой резьбе перемещается в осевом направлении, приближаясь или отдаляясь от калиброванного отверстия наконечника-втулки. Жидкость, проходя под давлением по винтовой прорези, получает вращательное движение, и на выходе из отверстия происходит ее дробление. В комплект входят сменные наконечники с диаметрами калиброванного отверстия 1,0-2,5 мм, при помощи которых также можно устанавливать расход рабочей жидкости и степень распыления. Такой принцип распыления рабочей жидкости называется гидравлическим и находит применение в штанговых опрыскивателях [25, С. 9-10].

Средний диаметр капли - критерий дисперсности распыла жидкости [11]. Он может быть вычислен по формуле:

$$d_k = \frac{d_{сл}}{\sqrt[3]{\frac{4\sin^3\alpha}{2+\cos^3\alpha - 3\cos\alpha}}},$$

где $d_{сл}$ - замеренный диаметр следа капли;

α - угол между касательной к сфере капли в точке ее сечения обрабатываемой поверхностью и самой поверхностью.

Обычно средний размер капель $d_k \approx \frac{2}{3} d_{сл}$ и составляет 150-300 мкм, а при аэрозольном опрыскивании - 50 - 100 мкм.

Средний диаметр капли - это первый критерий качества работы опрыскивателей.

Степень покрытия каплями обрабатываемой поверхности М (%) - второй критерий оценки работы опрыскивателей.

$$M = \frac{100\pi}{4F_0} \cdot \left(d_1^2 n_1 + d_2^2 n_2 + ... + d_n^2 n_n\right) = \frac{25\pi}{F_0} \cdot \sum d_i^2 n_i,$$

где d_1; $d_2 \ldots d_n$ - диаметр следов капли, мкм;

n_1, $n_2 \ldots n_n$ - количество капель каждого размера;

F_0 - исследуемая площадь, мкм^2.

Коэффициент эффективного действия капли, равный отношению общей площади эффективного действия к площади, образованной следом капли - третий критерий качества опрыскивания:

$$k_{эф} = \frac{F_{эф}}{F_{сл}} = \frac{\left(d_{сл} + 2r\right)^2}{d_{сл}^2}.$$

Площадь следа капли определяется по формуле:

$$F_{сл} = 0{,}78 d_{сл}^2,$$

а площадь эффективного действия капли

$$F_{эф} = 0{,}78 \cdot \left(d_{сл} + 2r\right)^2,$$

где r - зоны эффективного действия, равная 100-200 мкм.

Отсюда степень эффективного покрытия каплями обрабатываемой поверхности

$$M_{эф} = k_{эф} M.$$

С уменьшением размеров капли увеличивается коэффициент эффективного действия.

Мелкокапельное дробление требует высокого давления, но увеличение давления связано с возрастанием потребляемой мощности, увеличением размера и массы гидравлических насосов, что нежелательно как с конструкторской, так и с эксплуатационной точки зрения.

Поэтому для получения мелкокапельного дробления используют насосы низкого давления с частичным дроблением жидкости вентиляторами.

Кроме того, скорость потока рабочей жидкости, распыленной на мелкие капли, падает быстрее по мере удаления от сопла, чем скорость потока жидкости более крупного распыла. Следовательно, мелкокапельное дробление не обеспечивает большую дальность действия опрыскивателя [11, С. 171-173].

Изменением высоты H штанги над поверхностью поля добиваются такого положения, при котором факелы распыла соседних распылителей перекрывают один другого на половину ширины захвата, т.е. на величину $\Delta b = b / 2 = T$, где T – шаг расстановки распылителей на штанге. При этом плоскости факелов распыла повернуты относительно оси штанги на 5...10° и не перекрещиваются [19, С. 129].

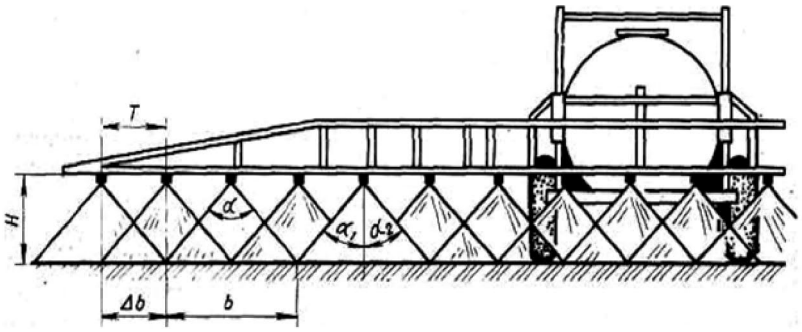


Рис. 13.2 – Схема расположения штанги опрыскивателя над поверхностью почвы.

Контрольные вопросы

1. Чем обуславливается выбор типа наконечника опрыскивателя?
2. Что такое коэффициент эффективного действия капли?
3. Как определяют степень покрытия каплями обрабатываемой поверхности?

РАБОТА №14

Определение режимов работы опрыскивателей

Цель работы. Выявить влияние давления в магистрали, диаметра отверстия распыливающих наконечников и их типа на расход жидкости и угол распыла. Определить технологические параметры для подготовки опрыскивателя к работе.

Теоретическая часть. Различают обыкновенное (500...2000 л/га), малообъемное (15...500 л/га) и ультрамалообъемное (5...15 л/га) опрыскивание. Каждое из них требует определенного типа распыливающих устройств, являющихся одним из важнейших элементов всякого опрыскивателя. Различные типы распылителей обеспечивают дисперсность распыла рабочей жидкости в пределах 25...250 мкм.

Для обыкновенного опрыскивания применяют слабоконцентрированные рабочие жидкости в виде раствора, эмульсии, суспензии. При малообъемном опрыскивании распределяют то же количество пестицидов, но при меньшем объеме жидкости, а образующиеся при этом капли имеют меньший размер. В результате при той же норме расхода действующего вещества расход воды на единицу площади уменьшается в несколько раз, а пестицид за счет более полного распыления равномернее распределяется по обрабатываемой поверхности.

Для ультрамалообъемного опрыскивания используют специальные жидкие нелетучие технические препараты и их концентраты, в составе которых от 20 до 70 % действующего вещества. При этом исключается процесс приготовления рабочей жидкости, в 10...100 раз уменьшается расход препарата, повышается производительность опрыскивателей, снижается материалоемкость машин, увеличивается продолжительность остаточного действия и стойкость к смыванию препарата дождем, но вместе с этим возникают сложности с дозированием и распылением.

Разные по размерам частицы одного и того же препарата обладают различной токсичностью. Крупные капли хуже удерживаются на объектах обработки, обладают меньшей токсичностью для вредных

организмов, вызывают ожоги листьев культурных растений. Мелкие капли при одном и том же расходе пестицида на единицу площади более полно и равномерно покрывают обрабатываемый объект, лучше удерживаются на поверхности листьев растений, более стойки к смыванию дождем [7].

Таким образом, эффективность опрыскивания жидкими пестицидами зависит от степени распыла и равномерности покрытия поверхности растений каплями рабочей жидкости.

Степень распыла, расход жидкости и конус распыла зависят от давления жидкости в нагнетательной системе, свойств химиката, типов и параметров распыливающих наконечников.

По принципу действия распылители делят на центробежные, струйные, пневматические, вращающиеся и др. Центробежные и струйные могут быть использованы при обыкновенном опрыскивании, вращающиеся и некоторые из пневматических распылителей – для ультрамалообъемного опрыскивания с расходом рабочей жидкости до 10 л/га.

При настройке опрыскивателей устанавливают заданную норму расхода пестицида с учетом скорости движения и ширины захвата агрегата, а также высоту положения штанги из условия получения необходимой равномерности опрыскивания. Чтобы обеспечить необходимую норму расхода пестицида, подача его через распылитель должна составлять, м^3/с [7]:

$$q = \frac{QBv}{600 \cdot n}, \qquad (14.1)$$

где Q – заданная норма расхода пестицида, л/га;
B – ширина захвата машины, м;
v – рабочая скорость движения агрегата, м/с;
n – число распылителей на штанге.

Такая подача пестицида достигается установкой соответствующего распылителя и напора рабочей жидкости Н в системе нагнетания. В этом случае расход пестицида через распылитель, л/мин:

$$q = 0{,}06\mu \cdot f \cdot \sqrt{2gH}, \qquad (14.2)$$

где μ – коэффициент расхода жидкости. Из выражения (14.2)

$$\mu = \frac{3{,}72 \cdot q}{f \cdot \sqrt{H}},$$

f – площадь выходного отверстия, мм^2;
H – давление жидкости (напор), м вод. ст. (1 кг/см^2 =10 м вод.ст.).

Из выражений (14.1) и (14.2) можно установить, что норма опрыскивания зависит от числа распылителей, площади выходного сечения распылителя, рабочего давления в магистрали H и скорости движения агрегата v, т. е.

$$Q = \frac{36\mu \cdot f \cdot n \cdot \sqrt{2gH}}{v \cdot B}. \qquad (14.3)$$

Равномерность покрытия пестицидом обрабатываемой поверхности зависит от высоты расположения штанги над поверхностью (расстояние от распылителя до поверхности обрабатываемого объекта). Оптимальная высота h установки распылителей в различных конструкциях разная. Она зависит от расстояния между распылителями и угла распыления. С увеличением или уменьшением высоты равномерность покрытия объекта нарушается. По агротехническим требованиям высоту штанги h выбирают так, чтобы между конусами распыла было перекрытие, обеспечивающее двухстороннюю обработку листьев и выравнивающее норму расхода жидкости по ширине захвата (рис. 14.1).

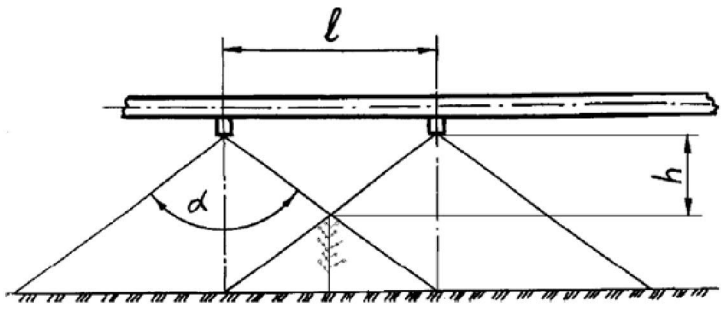


Рисунок 14.1 – Схема определения высоты установки штанги.

Высота установки штанги h может быть определена из прямоугольного треугольника:

$$h = l \cdot ctg(\alpha / 2), \qquad (14.4)$$

где $l = B/n$ – расстояние между распылителями, м, определяемое по ширине захвата штанги и числу распылителей; α – угол распыла.

Рациональная высота расположения штанги находится в пределах:

$$0{,}8h = h_{\min} \le h = h_{\max} = 1{,}3h. \qquad (14.5)$$

Практическая часть

Содержание работы: определить в табличной и графической формах зависимость фактического расхода жидкости и угла ее распыла от давления в системе для распылителей заданных типов и размеров; рассчитать секундный расход жидкости по исходным данным, коэффициент расхода жидкости, рабочее давление в системе для внесения заданной нормы химиката и рациональную высоту расположения штанги над обрабатываемой поверхностью.

Исходные данные

В зависимости от марки опрыскивателя, студенту магистратуры требуется с использованием справочной литературы выбрать один из типов наконечников, используемых в конструкции машины. Для выполнения работы рекомендуется ориентироваться на следующие типы распылителей: дефлекторный щелевой, универсальный центробежный, щелевой и дефлекторный центробежный, для которых диаметр выходного сечения распылителя (мм) соответственно равен: 1,6; 3; 2,5 и 2.

Для проведения натурных испытаний наконечников опрыскивателей рекомендуется использовать ГОСТ Р 53053-2008 Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний, которые распространяются на опрыскиватели для обработки сельскохозяйственных культур химическими препаратами и их смесями с минеральными удобрениями [15]. Для проведения испытаний используется стенд СИ-10 (рис. 14.2), который предназначен для идентифицирования распылителя по расходу и по качеству распыла РЖ пестицидов, заранее забраковав их в т. ч. и по видимым дефектам [16].

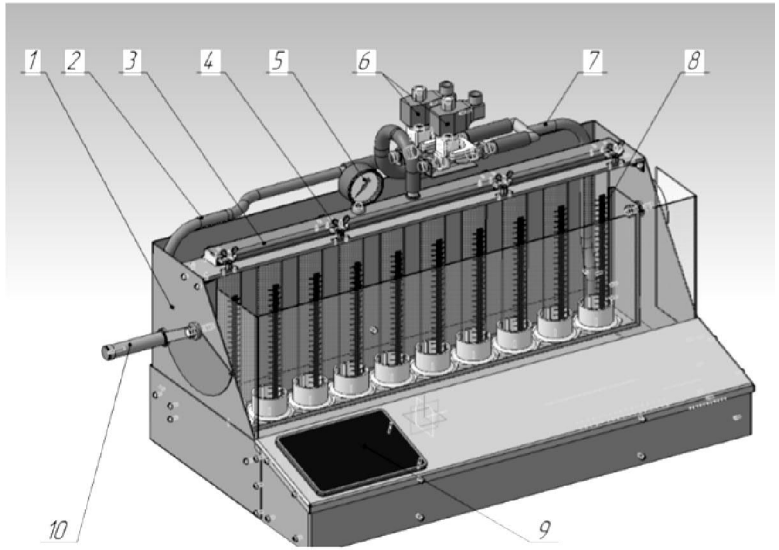


Рисунок 14.2 – Общий вид стенда для селективной подборки распылителей полевых опрыскивателей:
1 – станина; 2 – сливной трубопровод; 3 – делитель; 4 – распылитель; 5 – манометр; 6 – электромагнитный клапан; 7 – напорный трубопровод; 8 – мерный цилиндр; 9 – панель управления оператора; 10 – рукоятка.

В соответствии с рис. 14.2, стенд состоит из станины 1; сливного 2 и напорного 7 трубопроводов; делителя 3 с закрепленными на нем распылителями 4; манометра 5, позволяющего контролировать давление в нагнетательном трубопроводе; электромагнитных клапанов 6, предназначенных для перенаправления рабочей жидкости на слив либо к делителю 3 и далее к распылителям 4; мерных цилиндров 8, предназначенных для сбора рабочей жидкости; панели оператора 9, посредством которой осуществляется управление работой стенда; рукоятки 10, предназначенной для опорожнения мерных цилиндров по завершении цикла измерений; рабочего стола; резервуара для временного хранения рабочей жидкости; водяного насоса и

программируемого логического контроллера. Работает стенд следующим образом. Перед началом работы резервуар заполняется водой, оператор устанавливает на делитель 3 партию распылителей 4 в количестве 10 шт., подлежащих селективной подборке.

При установившемся режиме работы водяного насоса и достижении требуемого рабочего давления (в зависимости от типа испытуемого распылителя – 0,2–0,5 МПа) оператор нажимает на кнопку «Измерить», расположенную на панели управления 9. При этом сливной электромагнитный клапан 6 закрывается, а клапан, установленный перед делителем 6, открывается, и рабочая жидкость начинает циркулировать через делитель и установленные на нем распылители.

Мерные цилиндры начинают заполняться рабочей жидкостью в течение заданного в начале работы времени цикла измерений $t_{изм}$, по истечении которого на контакты электромагнитного клапана 6 подается напряжение, и он перекрывает течение рабочей жидкости к делителю 3, а клапан, установленный перед сливным трубопроводом, открывается, жидкость устремляется в резервуар [20].

Система циркуляции рабочей жидкости включает сливной, нагнетательный и дросселирующий контуры (рис. 14.3) и состоит из запорного 1 и сливного 4 клапанов электромагнитных, крана 2, цилиндров 3, насоса 5, бочки 6, нагнетательного 7, сливного 8 и дросселирующего 9 трубопроводов [21].

Установка селективно подобранных насадок распылителей на штанге опрыскивателя не снимает необходимости постоянного контроля их состояния в процессе эксплуатации, так как возможен неравномерный их износ, повреждение выходных отверстий. Кроме того, часто возникают нарушения в работе узлов и механизмов опрыскивателей, определить соответствие которых технологическим и эксплуатационным требованиям можно только инструментальным путем. Поэтому проверять опрыскиватели необходимо не менее трех раз в сезон.

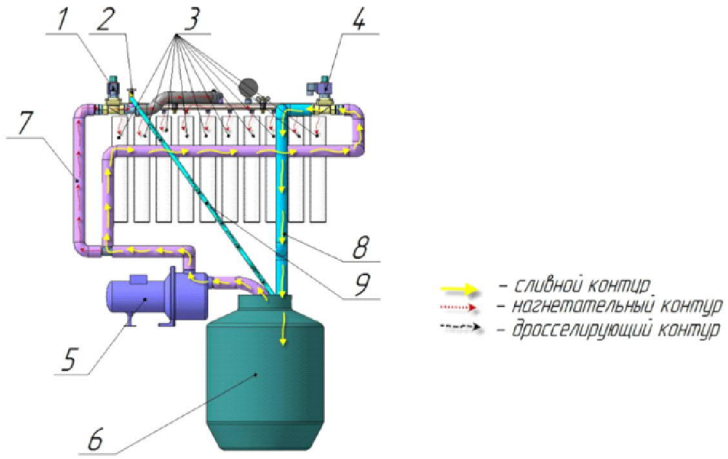


Рисунок 14.3 – Система циркуляции рабочей жидкости в контурах стенда:
1 – клапан электромагнитный (запорный); 2 – кран; 3 – цилиндр; 4 – клапан электромагнитный (сливной); 5 – насос; 6 – бочка; 7 – нагнетательный трубопровод; 8 – сливной трубопровод; 9 – дросселирующий трубопровод.

Порядок выполнения работы

1. Выбрать распылитель согласно заданному варианту.

2. Включить электродвигатель (одновременно включается насос), с помощью редукционного клапана установить последовательно давление 0,2: 0,3; 0,4: 0,5 МПа.

3. Опыты проводить в течение 60 секунд. Измерить угол распыла жидкости. Полученные значения записать в таблицу 14.1.

4. Остановить электродвигатель, замерить объем воды в расходомерном баке, выпустить воду из него и закрыть спускной вентиль. Пункты 2...5 выполнить в трех повторностях при всех давлениях.

Таблица 14.1 – Результаты опытов

Тип распылителя –

Диаметр отверстия распылителя –

Давление в напорной магистрали, МПа	Фактический расход, л/мин		Фактический угол распыла, град		Коэффициент расхода жидкости
	повторность	среднее значение	повторность	среднее значение	

5. По результатам замеров определить средние значения q и α. Записать их в таблицу 5 и построить графики $q = f(H)$ и $\alpha = f(H)$.

6. С учетом полученных данных рассчитать, используя формулу (14.2), коэффициент расхода жидкости.

7. Вычислить по формуле (14.1) требуемый расход пестицида.

8. Из графика $q = f(H)$ определить давление, при котором обеспечивается требуемый расход пестицида q.

Таблица 14.2 – Результаты расчетов

Тип распылителя	Норма расхода жидкости, л/га	Расход жидкости через распылитель, л/мин	Давление в напорной магистрали, МПа	Угол распыла, град	Высота установки штанги, м

9. Определить угол распыла α, который соответствует давлению, определенному по предыдущему пункту.

10. Рассчитать по выражениям (14.4) и (14.5) высоту установки штанги h, пределы ее регулирования [7].

Контрольные вопросы

1. Как определяется высота установки штанги опрыскивателя?
2. Какой документ используется при проведении испытаний опрыскивателя?
3. Какие основные элементы содержит стенд СИ-10?
4. В чем заключается методика поверки форсунок на стенде СИ-10?

ГЛОССАРИЙ

Агротехническая оценка: процесс, в котором использованы определенные методы для оценки условий и качества выполнения технологического процесса при испытаниях сельскохозяйственной техники и технологий.

Боронование почвы: прием обработки почвы боронами, обеспечивающий ее крошение, рыхление и выравнивание, а также уничтожение проростков и всходов сорняков.

Высевающий аппарат (для семян): механизм, который захватывает семена из партии, выходящей из бункера, поштучно или группами и укладывает их в линию (в рядок).

Глубина заделки удобрений (минимальная, максимальная): расстояние (минимальное, максимальное) от места расположения удобрений до поверхности поля.

Глубина обработки почвы: расстояние от поверхности необработанного поля до уровня заглубления в почву рабочих органов машин и орудий.

Глубина посадки: расстояние от поверхности почвы до нижней части вегетативных органов размножения.

Гребнистость поверхности почвы: высота гребней после обработки.

Густота покрытия, капель/см^2: число капель, осевших на единице обработанной поверхности.

Дискование почвы: прием обработки почвы дисковыми орудиями, обеспечивающий крошение, рыхление, перемешивание, частичное оборачивание почвы, разрезание дернины и уничтожение сорняков.

Доза удобрения: масса удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру на единицу площади за один прием.

Забивание и залипание рабочих органов: забивание и налипание почвы на рабочие органы в процессе работы.

Заданная концентрация рабочей жидкости: концентрация, которую испытатель планирует получить в соответствии с Государственным каталогом пестицидов, разрешенных к применению.

Засоренность посева: количество сорных растений или их масса на единицу площади посева.

Засоренность почвы: количество семян сорных растений и их органов вегетативного размножения в почве на единицу площади или объема.

Защита растений: система мероприятий по борьбе с организмами, наносящими урон посевам и посадкам в открытом или защищенном грунте, окультуренным угодьям и естественной растительности, направленных на предупреждение проникновения, распространения и массового размножения или развития, а также на регулирование или ликвидацию популяций вредных организмов, а также раздел прикладной биологии, разрабатывающий теоретические и методологические основы этих мероприятий.

Культивация почвы: прием сплошной или междурядной обработки почвы культиваторами, обеспечивающий крошение, рыхление, частичное перемешивание и выравнивание почвы, а также подрезание сорняков.

Машины для ленточного внесения удобрений: приспособление, которое из бункера основной машины вносит удобрение в ленты или непосредственно в почву одной или несколькими параллельными полосами при регулируемых расстояниях с заданными глубиной и дозой.

Междурядная обработка почвы: обработка почвы между рядами растений с целью улучшения почвенных условии их жизни и уничтожения сорняков.

Междурядье: расстояние между центрами соседних рядков растений в одном проходе сеялки.

Норма высева (семян): количество семян, выраженное как масса или объем семян, посеянное на единицу длины или единицу площади.

Обработка почвы: воздействие на почву рабочими органами машин и орудий с целью улучшения почвенных условий жизни сельскохозяйственных культур и уничтожения сорняков.

Основное междурядье: расстояние между центрами двух рядов, полос, крайних рядов лент сельскохозяйственных культур одного прохода машины.

Посев: размещение семян по площади пашни на установленную глубину с учетом обеспечения растениям оптимальной площади питания.

Посевная секция (для семян): узел, включающий высевающий механизм и заделывающее устройство.

Препарат: продукт, готовый для приготовления рабочей жидкости, состоящий из пестицида или его действующего начала и вспомогательных ингредиентов, способствующих улучшению качества рабочей жидкости.

Прием обработки почвы: однократное воздействие на почву рабочими органами почвообрабатываемых машин и орудий с целью выполнения одной или нескольких технологических операций.

Пропуск: для однозерновых сеялок (сеялок точного высева) - отсутствие семени (или группы семян) там, где оно (они) должны быть теоретически.

Прореживание: удаление излишних культурных растений.

Рабочая жидкость для опрыскивания: сложная дисперсная система, состоящая из растворителя и препарата, образующего с растворителем суспензию, эмульсию или раствор.

Рабочая ширина внесения: ширина (с перекрытием), при которой обеспечивается допустимая неравномерность по исходным требованиям или техническому заданию (ТЗ), или техническим условиям (ТУ).

Равномерность глубины обработки почвы: допустимые отклонения фактической глубины обработки почвы от заданной.

Рядовая сеялка: машина для посева семян сельскохозяйственных культур с распределением их параллельными рядами.

Сельскохозяйственная машина: машина или орудие, осуществляющие воздействие на почву, растение, сельскохозяйственную продукцию и другой технологический материал.

Сеялка точного высева (сеялка односемянная, однозерновая): сеялка, высевающий аппарат которой распределяет семена по одному или группами с заданным интервалом, образуя линию сева.

Скорость высева (семян): количество семян, выраженное как масса, штуки или объем семян, посеянное за единицу времени.

Сорное растение: нежелательное для человека растение, обитающее на землях, используемых в качестве сельскохозяйственных угодий, для лесоразведения или отдыха.

Стыковое междурядье: расстояние между центрами двух смежных крайних рядов, полос, лент сельскохозяйственных культур, каждый из которых образован за один проход машины.

Технологическая операция: направленное воздействие на почву, растение, сельскохозяйственную продукцию и другой технологический материал с целью достижения заранее намеченного изменения их свойств, состояния или формы.

Фактическая ширина внесения удобрений: расстояние между следами соответствующих колес машины на смежных проходах агрегата.

Фрезерование почвы: прием обработки почвы фрезой, обеспечивающий интенсивное крошение, перемешивание, рыхление обрабатываемого слоя и уничтожение сорняков.

Химическая защита растений: система мероприятий по защите растений и продукции растительного происхождения от вредных организмов с помощью химических средств, а также раздел науки о защите растений.

Шаг посева: расстояние между двумя следующими один за другим семенами в ряду; теоретический шаг посева: шаг посева, установленный на управляющем механизме и заявленный изготовителем.

Ширина борозды: расстояние между двумя противоположными точками борозды на уровне необработанной поверхности.

Экономическая эффективность (в области защиты растений): соотношение полезного результата и затрат на применение организационных мероприятий, технологий и средств защиты растений.

Эрозионно-опасные частицы: агрегаты (частицы почвы) размером менее 1 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов, В. В. Расчёт вибробороны. Рабочая тетрадь: Методическое указание / В. В. Кузнецов.- Брянск.: БГСХА, 2010. – 12 с.

2. Кузнецов, В. В. Теория и расчёт сельскохозяйственных машин: Учебное пособие. Ч 1. / В.В. Кузнецов. – Брянск: БГСХА, 2014. – 64 с.

3. Чумаков, В. Г. Методические указания для выполнения лабораторно-практических занятий. – Курган: Курганская ГСХА. – 2014. – 42 с.

4. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин /Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. - М.: Машиностроение, 1977. - 328 с.

5. Бартенев, И. М. Изнашивающая способность почв и её влияние на долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин /И. М. Бартенев, Е. В. Поздняков /Лесотехнический журнал. - 2013. - №3. – С. 114-123.

6. Корчагин, А. А. Физика почв: лаб. практикум / А. А. Корчагин, М. А. Мазиров, Н. И. Шушкевич. - Владимир : Изд-во Владимирского государственного университета, 2011. - 99 с.

7. Сельскохозяйственные машины. Практикум: учебное пособие / В.В. Василенко [и др.]; под ред. В.Н. Солнцева. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 108 с.

8. Парфенов, О. М. Основы расчета сельскохозяйственных машин : методические указания для выполнения курсового проекта / О. М. Парфенов, С. А. Иванайский, С. А. Васильев. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2015. – 71 с.

9. Классификация машин для посева и посадки www.mehatizator-ua.ru/mashiny-dlya-poseva-i-posadki.html (дата обращения: 08.01.2020)

10. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е. С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов, Е. Г. Султан-Шах. - М.: Машиностроение, 1977. - 568 с.

11. Трубилин Е.И. Сельскохозяйственные машины (конструкция, теория и расчет): учебное пособие - Ч.I ./ Е.И. Трубилин , В.А. Абликов, А.Н. Лютый, Л.П. Соломатина. - Краснодар: КГАУ, 2008. - 200 с.

12. Методические указания по дисциплине «Машины и оборудование в растениеводстве», раздел «Основы теории и расчёта сельскохозяйственных машин» / под ред. В. И. Горшенина. - Мичуринск-Наукоград , 2006. – 44с.

13. Пропашные культиваторы : методические указания по выполнению лабораторной работы / В. Г. Ковалев [и др.]. – Горки : БГСХА, 2013. – 22 с

14. Проектирование сельскохозяйственных машин и оборудования в растениеводстве: учебное пособие. – Ставрополь: Агрус, 2017. – 66с.

15. Ревякин, Е. Л. Машины для химической защиты растений в инновационных технологиях: науч. аналит. обзор /Е.Л. Ревякин, Н.Н. Краховецкий. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 124 с.

16. http://www.mekosan.com/katalog/stend-dlya-selektivnoj-podporki-polevykh-opryskivatelej-si-10.html (дата обращения: 14.01.2020).

17. Турбин, Б. Г. Сельскохозяйственные машины / Б.Г. Турбин [и др.] – М.-Л.: Машгиз, 1963. – 575с.

18. ГОСТ Р 53053-2008 Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. Дата введения 2009-01-01.

19. Капустин, А. Н. Основы теории и расчета машин для основной и поверхностной обработки почв, посевных машин и машин для внесения удобрений: курс лекций / А.Н. Капустин; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 134 с.

20. Степук, Л. Я. Стенд для исследований и селективной подборки распылителей полевых опрыскивателей /Л.Я. Степук, А.А. Жешко, П.П. Бегун/ Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 22–23 октября 2014 г.). В 3 т. Т. 1. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» ; редколлегия: П. П. Казакевич (гл. ред.), С. Н. Поникарчик. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. - С. 102-105.

21. Степук, Л. Я. Стенд СИ-10 для исследования и подборки насадок распылителей полевых опрыскивателей /Л.Я. Степук, А.А. Жешко, П.П. Бегун / Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19–21 окт. 2016 г.). В 2 т. Т. 2. / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), С. Н. Поникарчик. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. - С. 264-268.

22. Ридный, С. Д. Методические указания для выполнения лабораторной работы на тему: «РАСЧЕТ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ» / для студентов специальности «Механизация сельского хозяйства» / С.Д. Ридный [и др.] – Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 2012. – 15 с.

23. Курсовое проектирование по сельскохозяйственным машинам: учебное пособие / В. В. Василенко, А. М. Гиевский, К.Р. Казаров, В.Н. Солнцев.– Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 206 с.

24. Минеев, В. Г. Агрохимия: Учебник / В.Г. Минеев. – М.: МГУ, 2006. – 751 с.

25. Лекция №5 (часть 1) Машины для борьбы с болезнями, вредителями и сорняками (Заглавие с экрана) [Электрон. ресурс] Режим доступа: URL: https://www.belstu.by/Lekciya-5-1-Mashini-zaschiti-lesa.pdf (дата обращения: 26.02.2020).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
Перечень планируемых результатов обучения 4
РАБОТА №1. Определение углов и коэффициентов трения скольжения почв различной влажности по стали 6
РАБОТА №2. Определение липкости почвы 14
РАБОТА №3. Определение установочных параметров дискового орудия и их влияния на качество обработки почвы 19
РАБОТА №4. Расчёт параметров виброборoны 26
РАБОТА №5. Технологический и силовой расчет почвофрезы 31
РАБОТА №6. Графоаналитический расчёт катков и колёс 35
РАБОТА №7. Классификация машин для посева и посадки сельскохозяйственных культур. Условие равновесия сошников .. 40
РАБОТА №8. Обоснование параметров семяпровода сеялки 45
РАБОТА №9. Расчет катушечного высевающего аппарата 51
РАБОТА №10. Расчет пневматического высевающего аппарата сеялки для пропашных культур 58
РАБОТА №11. Обоснование основных параметров рабочих органов пропашного культиватора и их расстановка на секции 65
РАБОТА №12. Теория и расчет машин для внесения гранулированных минеральных удобрений 73
РАБОТА №13. Определение критериев качества опрыскивания ... 81
РАБОТА №14. Определение режимов работы опрыскивателей 87
ГЛОССАРИЙ 95
Литература 99

ббб ббб

Лицензия: ЛР. № 020574 от 6 мая 1998 г.

Подписано в печать 16.03.2020 г. Бумага писчая. Печать трафаретная.
Бумага 60x84 1/16. Усл. печ. л. 6,5. Тираж 75. Заказ 10.

362040, Владикавказ, ул. Кирова, 37.
Типография ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет»

ббб ббб

И.А. КОРОБЕЙНИК

ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

учебно-методическое пособие

ббб ббб