

Лекция №3

Тема: МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

3.1. Виды удобрений и способы их использования

Важнейшая задача земледелия - увеличение урожайности возделываемых культур за счет повышения плодородия почв [9].

С каждым урожаем растения выносят из почвы значительное количество элементов питания. Чтобы возместить эти потери, нужно рационально использовать минеральные и органические удобрения.

Удобрения содержат основные элементы питания растений: фосфор (P), калий (K) и азот (N) и вещества, которые улучшают физические, химические и биологические свойства почвы и тем самым способствуют повышению урожайности культурных растений.

Промышленность выпускает минеральные удобрения в виде гранул размером 1-5 мм, кристаллов, порошков или жидкие (азотные).

Минеральные удобрения бывают простые, полные, комплексные, сложные, смешанные.

Простое минеральное удобрение содержит один элемент питания растений; полное; - N, P, K; комплексное - два и более элементов питания; сложное - не менее двух элементов; смешанное получают при механическом смешивании простых и сложных удобрений.

Фосфорные удобрения. Простой и двойной суперфосфат выпускается заводами в виде гранул и порошков. Не слеживается, имеет достаточную сыпучесть.

Фосфоритная мука, полученная путем тонкого размола фосфоритов, представляет собой не слеживающийся сильно пылящий порошок.

Калийные удобрения - хлористый калий и калийные соли. Хлористый калий хорошо смешивается с другими удобрениями. При хранении слеживается.

Азотные удобрения содержат азот в форме аммиака, связанного с кислотой. Аммиачная селитра и карбамид представляют собой белые гранулы, гигроскопичны, слеживаются. Сульфат аммония и хлористый аммоний - кристаллические порошки, слабо слеживающиеся.

Жидкие аммиачные удобрения - безводный сжиженный аммиак, водный аммиак (аммиачная вода), аммиакаты. Внесение в почву жидких удобрений часто совмещают с обработкой почв, внесением гербицидов, ядохимикатов.

Безводный аммиак хранят и транспортируют в стальных цистернах и баллонах, рассчитанных на давление 2,5 - 3,0 МПа. Для хранения и перевозки аммиачной воды нужна герметичная тара из углеродистой стали, рассчитанная на давление 0,2 МПа.

Промышленность выпускает также сложные и комплексные минеральные удобрения: нитрофоски, аммофос, калиевую селитру. Комплексные удобрения обеспечивают многостороннее питание растений, содержат мало балласта, имеют устойчивые гранулы, удобны для перевозки, складирования, внесения в почву.

Микроудобрения содержат бор, медь, цинк, кобальт, молибден в малых дозах.

Химическая промышленность приступила к выпуску перспективных жидких комплексных удобрений (ЖКУ), содержащих два - три питательных элемента, микроэлементы, гербициды. ЖКУ не теряют азот при хранении и внесении в почву.

Известковые и гипсосодержащие материалы (мелиоранты) косвенно воздействуют на почву, их применяют для нейтрализации кислотности почв и мелиорации солонцов.

Органические удобрения: навоз, торфо-минеральные аммиачные удобрения, жидкий навоз, компосты, навозная жижа - богатые источники питательных веществ, способствующие повышению воздушного и водного режимов в почве и ее биологической активности.

Органические удобрения, содержащие органические вещества животного или растительного происхождения, имеют почти все элементы питания растений. Навоз перепревший, жидкий, полужидкий, навозную жижу собирают на животноводческих фермах с применением способов, обеспечивающих сохранение питательных элементов и получение массы, наиболее пригодной для механизированного разбрасывания по полю.

Способы использования минеральных удобрений: предпосевной, припосевной и подкормка растений.

Предпосевной способ, называемый основным, сплошным или разбросным, применяют при внесении основной массы туков, всех мелиорантов и органических удобрений.

При сплошном способе удобрения, равномерно разбросанные (рассеянные) по полю, во время вспашки или предпосевной культивации заделывают в почву на глубину 10-20 см. Удобрения, размещенные в зоне наиболее развитой корневой системы растений, доступны для них в течение вегетационного периода. Припосевное внесение - удобрения вносят в почву вместе с семенами. Подкормка - удобрения вносят в почву одновременно с культивацией междурядий.

Расширяется применение прогрессивного способа - локального внесения туков, размещение их концентрированными очагами (лентами, гнездами) во влагообеспеченном слое почвы. Удобрения размещают на оптимальном расстоянии от семян, обеспечивающем доступность корней растений к источнику питания.

Путем механизации локального припосевного внесения туков и подкормки растений в процессе вегетации достигается значительное повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Одновременно снижается расход удобрений, улучшается охрана природы вследствие уменьшения выноса химикатов со сточными водами, облегчается управление развитием растений.

Расширяется внесение удобрений сельскохозяйственной авиацией. Применение самолетов и вертолетов для рассева удобрений целесообразно при подкормке растений в оптимальные агротехнические сроки, когда работа наземных машин затруднена из-за повышенной влажности почвы.

3.2. Типы аппаратов для внесения удобрений

Катушечно-штифтовые аппараты (рис. 52, а) применяются для высева гранулированных туков.

Удобрения поступают из ящика 1 к катушке 4 самотеком, а для улучшения подачи служит мешалка 2. Катушка 4, на поверхности которой расположены в два ряда штифты, вращается и сбрасывает удобрения в тукопровод.

Количество вносимых удобрений регулируют открытием заслонки 3 питающего окна и изменением частоты вращения катушки.

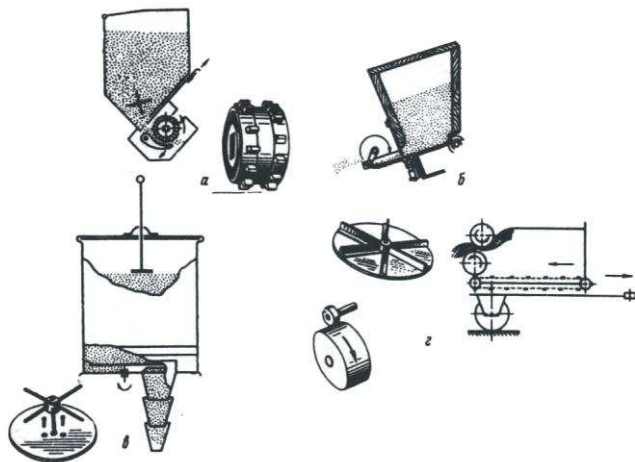


Рис.52. Схемы аппаратов для внесения удобрений.

а – катушечно -штифтовой; б – тарельчатый; в - дисковый; г – транспортёрный

В зависимости от размера гранул (туков) и свойств удобрений регулируют зазор между катушкой и доньшком 5. Такие аппараты устанавливают на комбинированных сеялках.

Рабочий процесс аппарата аналогичен катушечному высевашей аппарату для семян.

Тарельчатые аппараты (рис. 52, б) устанавливаются на разбрасывателях туков для сплошного внесения удобрений, а также для рядового способа внесения удобрений совместно с культивацией, посевом или посадкой.

Удобрения из емкости 1 (ящик или банка) выносятся, вращающейся тарелкой 6. Сбрасыватели 7 в виде вращающихся лопастей (дисков) или неподвижных скребков сыпают их на щиты (сплошное внесение) или в тукопроводы (рядковый способ внесения удобрений). Своды из удобрений, образующиеся в емкостях, разрушаются колеблющимися стенками или ворошителями.

Тарельчатые аппараты обеспечивают требуемую точность высева удобрений.

Изменяя скорость вращения тарелки, а также ширину щели между ее дном и заслонкой 3, регулируют количество высева.

Дисковые аппараты (рис. 52, в) применяются в машинах для сплошного и рядового внесения удобрений.

На кукурузных, хлопковых и других сеялках, посадочных машинах и культиваторах устанавливают унифицированный дисковый аппарат марки АТД-2.

Диск 9, вращаясь, выносит удобрения к скребку-направителю, который сыпает их в тукопровод 12. На удобрения активно воздействует ворошитель 10, вращающийся вместе с диском. За уровнем удобрений в емкости следят по указателю 11.

Количество высева удобрений регулируют изменением частоты вращения диска, а также величины угла установки скребка-направителя.

Транспортерные аппараты (рис. 52, г) находят широкое применение в основном для сплошного внесе-

ния минеральных, органических удобрений и извести.

Удобрения засыпают в кузов какого-либо прицепа, а оттуда их выносит транспортер 13 и направляет к разбрасывающим устройствам.

На навозоразбрасывателях, например, ставят двух- или однобарабанные разбрасывающие устройства. В двухбарабанных аппаратах нижний барабан 14, вращаясь против хода часовой стрелки, штифтами измельчает навоз и через себя сбрасывает его на поле, а верхний барабан 15 выравнивает слой навоза, подаваемого транспортером 13.

Однобарабанный аппарат - обычно барабан с винтовой гребенкой. Такие устройства обеспечивают ширину разбрасывания в пределах 2,5-3,5 м.

Для разбрасывания минеральных удобрений и извести применяются диски 16 с вертикальной осью вращения или вращающееся резиновое кольцо 17 с роликом 18. Удобрения поступают на диск или внутрь кольца и под действием центробежной силы разбрасываются по полю.

Транспортерные аппараты применяются еще и для внесения удобрений при посадке картофеля.

3.3. Расчет тарельчатых туковысевающих аппаратов

Туковые сеялки с тарельчатыми высевальными аппаратами применяются для внесения концентрированных минеральных удобрений, которые требуют при малых нормах высева высокой равномерности рассева [12,4].

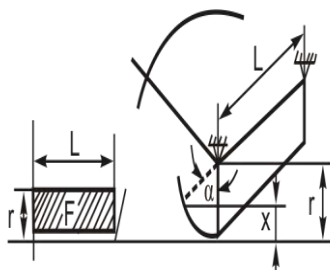


Рис.53. Параметры высевающего отверстия тарельчатого высевающего аппарата

Для проектирования туковысевающих аппаратов необходимо узнать размер высевных отверстий F (рис. 53), производительность питателя, угол среза банки, обороты тарелки и другие параметры,

Объем банки определяется путем умножения площади круга на высоту с вычетом объема срезанной площади цилиндра.

Площадь отверстия F для выхода туков из банки при открытии заслонки зависит от угла α поворота рычага (рис. 56) и определяется из следующего выражения:

$$F = lx, \quad (155)$$

где l – длина заслонки, см;

x – высота открытия щели.

Из рис. 53. Видно, что $x = r - r \cos \alpha = r(1 - \cos \alpha)$, где r – радиус заслонки. Подставляя значение x в формулу площади, будем иметь:

$$F = lr(1 - \cos \alpha). \quad (156)$$

Производительность питателя Q зависит от площади отверстия F и скорости вращения V , т.е. можно записать:

$$Q = FV\gamma, \quad (157)$$

где γ - объемная масса туков.

Подставляя значение F из уравнения (156) и выразив скорость вращения тарелки через обороты, получим:

$$Q = \frac{ir\pi R_{cp}\gamma}{30}(1 - \cos \alpha), \quad (158)$$

где R_{cp} - средний радиус тарелки туковысевающего аппарата.

При проектировании питателя его площадь для заданной максимальной производительности рассчитывают по формуле:

$$f = lr = \frac{30Q_{\max}}{\pi R_{cp}\gamma(1 - \cos \alpha)}. \quad (159)$$

При работе тарельчатого туковысевающего аппарата не должно быть самопроизвольного сбрасывания туков через верхний край тарелки. Удобрения с тарелки должны сбрасываться принудительно специальными сбрасывателями.

Допустим, что борт тарелки представляет собой наклонную плоскость под углом β к горизонту. Частица удобрения m , находится на наклонной плоскости, удалена от оси вращения тарелки на расстояние R .

Для определения предельной частоты вращения тарелки рассмотрим схему сил, действующих на частицу удобрения.

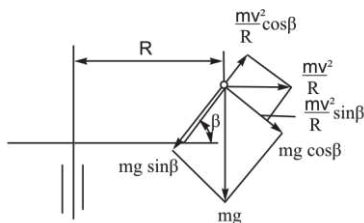


Рис.54. Схема сил действующих на частицу удобрения.

На рис. 54 изображены сила тяжести mg и центробежная сила $\frac{mV^2}{R}$. Силу тяжести можно разложить на силу $mg \sin \beta$ и силу $mg \cos \beta$. Центробежную силу - на $\frac{mV^2}{R} \cos \beta$ и $\frac{mV^2}{R} \sin \beta$.

Вниз по наклонной плоскости действует сила $mg \sin \beta$, вверх $\frac{mV^2}{R} \cos \beta$. Поэтому движущей силой вверх по образующей будет:

$$F_{\text{дв.}} \frac{mV^2}{R} \cos \beta - mg \sin \beta. \quad (160)$$

Препятствует движению удобрений вверх сила трения:

$$F_{TP} = \operatorname{tg} \varphi \left(\frac{mV^2}{R} \sin \beta + mg \cos \beta \right), \quad (161)$$

где φ - угол трения.

Таким образом, движение частицы т вверх по борту тарелки будет только в случае, если

$$\frac{mV^2}{R} \cos \beta - mg \sin \beta \geq \operatorname{tg} \varphi \left(\frac{mV^2}{R} \sin \beta + mg \cos \beta \right). \quad (162)$$

После решения этого выражения относительно V определяемая скорость тарелки, при которой удобрения начинают сбрасываться, будет

$$V \geq \sqrt{gR \operatorname{tg}(\beta + \varphi)}. \quad (163)$$

Имя ввиду, что $V = \frac{\pi R n}{30}$,

$$n \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\beta + \varphi) g}{R}}. \quad (164)$$

Для того, чтобы удобрения не сбрасывались с тарелки, частота ее вращения должна соответствовать условию

$$n \leq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \operatorname{tg}(\beta + \varphi)}{R}}. \quad (165)$$

3.4. Расчет центробежных туковысевающих аппаратов

Рабочий процесс центробежного аппарата характеризуется наличием двух фаз. К первой фазе относится та часть процесса, в пределах которой частицы находятся на рабочей поверхности диска.

Ко второй фазе относится та часть процесса работы разбрасывателя, когда частицы материала, получив необходимую скорость, покидают диски и совершают свободный полет до соприкосновения их с поверхно-

стью почвы.

Рассмотрим движение частиц по поверхности диска. Пусть частица массы m в произвольной точке M подается на равномерно вращающийся диск с начальной скоростью, равной нулю (рис. 55). Тогда силами, приложенными к частице и действующими в плоскости диска, будут: сила трения F и центробежная сила I_e переносного движения.

При этом

$$F = fmg \text{ и } I_e = mr_0\omega^2, \quad (166)$$

где f – коэффициент трения тука о диск;

g – ускорение силы тяжести;

r_0 – расстояние от центра диска до точки M подачи тука.

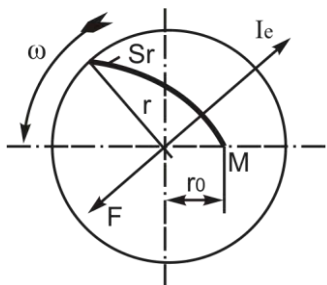


Рис.55. Движение частицы по вращающемуся диску

Точка M диска имеет окружную скорость, равную $V_e = r_0\omega$, которую частица может приобрести мгновенно, если сила трения окажется достаточной для удержания этой частицы в состоянии относительного покоя. Для этого случая уравнение равновесия будет:

$$I_e - F = 0; mr_0\omega^2 - fmg = 0, \quad (166)$$

из которого можно определить минимальное число обо-

ротов диска

$$\omega = \sqrt{\frac{fg}{r_0}} = \frac{\pi n_{\min}}{30}, \quad (167)$$

откуда

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{fg}{r_0}}. \quad (168)$$

При меньшем числе оборотов диска частицы материала будут лишены возможности перемещаться по поверхности диска и центробежный аппарат потеряет свою работоспособность.

Кинематические особенности рассева гладкими вращающимися дисками, установленными горизонтально, характеризуются наличием спиралевидных траекторий движения частиц по диску и относительно невысокими значениями скоростей при сходе их с диска.

При вращении диска с угловой скоростью ω частица материала в точке M в относительном движении будет перемещаться по поверхности диска со скоростью V_r и через некоторое время придет в точку M_1 . Сила трения оказывается недостаточной и частица отстает от диска, описывая траекторию в виде спиралевидной кривой S_r . П. М. Василенко предложил принять кривую S_r за логарифмическую спираль, уравнение которой

$$r = r_0 e^{a\theta},$$

где r и θ – текущие полярные координаты;

$a = \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{const}$ (a – угол между касательной к спирали и радиусом r , близкий к прямому).

Переносным движением в данном случае является

вращательное движение диска, при котором частица имеет переносную скорость $V_e = r\omega$. Абсолютная траектория частицы представлена кривой S_e , а абсолютная скорость - вектором V_e . Как видно из схемы, векторы V_r и V_e могут быть направлены в разные стороны, в результате чего скорость схода частиц с диска оказывается малой, что ограничивает ширину полосы разбрасывания туков.

Следует отметить, что с уменьшением угловой скорости диска полярный угол $\theta = f(t)$ увеличивается. Конечное значение этот угол, называемый углом схода частиц, обозначаемый θ_{cx} получает при сходе частицы с диска. Таким образом, угол схода θ и центральный угол, на который поворачивается диск за время относительного движения частицы по диску от момента подачи ее на диск до момента схода.

Однако характер движения материала по диску зависит не только от выбранного режима работы диска, но и от его конструкции. Разбрасывающие диски бывают плоскими или коническими, гладкими или снабженными лопастями. В свою очередь, лопасти могут быть прямолинейными, расположенными радиально или с наклоном к радиусу, и, наконец, встречаются лопасти криволинейные.

3.5. Расчет барабанных аппаратов для внесения твердых органических удобрений

Технические средства для внесения органических удобрений будут совершенствоваться в направлении повышения их грузоподъемности, увеличения ширины разбрасывания, создания прицепных разбрасывателей с небольшой высотой погрузки и с меньшим удельным

давлением на почву, улучшения проходимости [19].

Технологический процесс работы прицепа-разбрасывателя протекает следующим образом: при поступательном движении агрегата верхняя ветвь транспортера, перемещаясь с небольшой скоростью назад вдоль кузова, подводит слой удобрений к вращающимся шнековым барабанам. Нижний измельчающий барабан шнековой лентой с прерывистым зубчатым профилем разрыхляет, измельчает массу и ровным слоем перебрасывает через себя. Верхний разбрасывающий барабан, вращаясь в том же направлении, что и нижний, принимает от него удобрения, выравнивает, дополнительно измельчает, отбрасывает излишек к передней части кузова и распределяет удобрения по поверхности поля.

Скорость движения транспортера определяют исходя из секундной подачи удобрений. В свою очередь, масса (кг) сброшенных на поле удобрений в секунду:

$$q = V_{тр} H L \gamma, \quad (169)$$

где $V_{тр}$ – скорость перемещения транспортера, м/с;
 H – толщина слоя удобрений в кузове, м;
 L – длина шнекового барабана, м;
 γ – объемная масса удобрений, кг/м³.

Норма внесения удобрений Q_H (кг/м²) на единицу площади находится в прямой зависимости от секундного расхода:

$$Q_H = \frac{q}{B_{п} V_M}, \quad (170)$$

где $B_{п}$ – ширина полосы разбрасывания, м;
 V_M – поступательная скорость агрегата, м/с.

Принимая во внимание выражение (169) и подставляя значение q в формулу (170), получим

$$Q_H = \frac{V_{TP} H L \gamma}{B_{II} V_M}. \quad (171)$$

Значения величин H , L , B_{II} и γ - лимитируемые параметрами кузова и для определенных машин являются постоянными. Из формулы (171) видно, что норма внесения удобрений прямо пропорциональна поступательной скорости транспортера V_{TP} и обратно пропорциональна скорости агрегата V_M , т. е. ее можно регулировать изменением скоростей V_{TP} и V_M .

При известных конструктивных параметрах разбрасывателя и заданной формы внесения удобрений скорость транспортера

$$V_{TP} = \frac{Q_H B_{II} V_M}{H L \gamma}. \quad (172)$$

Для обеспечения нормальной работы разбрасывающего устройства необходимо, чтобы производительность шнековых барабанов была равна или больше производительности транспортера, т. е.

$$Q_{бар} \geq Q_{TP}, \quad (173)$$

или

$$b h V_0 \geq H B_{II} V_{TP} \quad (174)$$

где b и h — соответственно ширина и высота захвата массы шнековым барабаном, м;

V_0 — окружная скорость шнекового барабана, м/с;

H – толщина слоя удобрений, подаваемых транспортером, м;

$B_{\text{тр}}$ – ширина слоя удобрений, подаваемого транспортером, м;

$V_{\text{тр}}$ – скорость транспортера, м/с.

Окружная скорость шнекового барабана

$$V_0 = \frac{\pi n r}{30}, \quad (175)$$

где n – частота вращения шнекового барабана;

r – радиус шнекового барабана.

Подставляя значение V_0 в формулу (174), получим

$$\frac{bh\pi n r}{30} \geq HB_{\text{тр}} V_{\text{тр}}, \quad (176)$$

откуда минимальная частота вращения барабана

$$n = \frac{30HB_{\text{тр}} V_{\text{тр}}}{bn\pi}. \quad (177)$$

3.6. Машины для разбрасывания жидких удобрений

Машины для разбрасывания жидких удобрений предназначены для откачки жижи из жижесборников животноводческих помещений, перевозки ее в поле и по верхностного сплошного внесения в почву. Все они выполнены по примерно одинаковой схеме, т. е. каждый представляет собой одноосный тракторный полуприцеп, на котором смонтирована горизонтальная цилиндрическая цистерна, оборудованная эжектором или вакуумным насосом для заправки перемешивающей и напор-

ной системами для перемешивания и создания рабочего давления и распределительным устройством для разбрызгивания удобрений. В машинах вместимостью 1,8 и 3,6 м³ для создания вакуума при заправке применяют эжектор, а в машинах вместимостью 4 - 16 м³ - специальный вакуумный насос [7, 18].

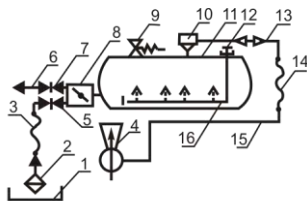


Рис.56. Принципиальная схема разбрасывателя жидких органических удобрений

В качестве примера рассмотрим принципиальную схему машины, оборудованной эжектором (рис. 56). Для заправки затвор 8 и задвижку 5 открывают, а задвижку 7 закрывают; гибкий заборный шланг 3 с фильтром 2 опускают в жижеборник (жижехранилище). Выпускные газы поступающие от трактора, проходя через эжектор 4, создают разрежение в трубопроводах 15, 14, 13 и цистерне 11, под действием которого жидкость заполняет цистерну. При перемешивании колпачок 12 вывертывают, а в цистерне 11 при помощи эжектора 4 создают вакуум. При этом наружный воздух под действием атмосферного давления входит сверху в трубу 16 и, выходя через отверстие горизонтальной части этой трубы, перемешивает жидкость. При распределении по полю или выливе жидкости с помощью выпускных газов, проходящих по трубам 15, 14 и 13 в цистерне 11 создают избыточное давление. При этом задвижка 5 закрыта, а задвижка 7 открыта и жидкость через нее поступает к распределительному устройству 6

которое веерообразным потоком разбрызгивает ее по полю. Норму внесения удобрений от 10 до 40 т/га регулируют сменой жиклера (диаметр 20, 30 и 38 мм), изменением скорости движения агрегата, давления выпускных газов и положения распределительного лотка. Наибольшая ширина поливаемой полосы или наименьшая норма внесения жидких удобрений получается при угле наклона 30 - 45°. Ширина разлива жидкости 3 - 11 м, рабочая скорость до - 2,2 м/с (10 км/ч).

Лекция №4

Тема: Машины для химической защиты растений

4.1. Химические способы борьбы с вредителями и болезнями растений

Борьба с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений ведется преимущественно химическим способом, при котором ядохимикаты в мелкораспыленном виде наносятся на вегетативные органы сельскохозяйственных растений, сорняков или вносятся в почву. Химические вещества, применяемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, подразделяются на инсектициды, фунгициды и гербициды. *Инсектициды* применяются для борьбы с вредными насекомыми, *фунгициды* - для борьбы с возбудителями болезней сельскохозяйственных растений и *гербициды* - для уничтожения сорных растений [24].

По химическому действию различают три вида инсектицидов: кишечные, или яды внутреннего действия (мышьяковистые соединения, препараты фтора, бария и др.); яды контактного внешнего действия (препараты никотина, гексахлорана и др.) и фумиганты (хлорпикрин, углеводород и др.).

Инсектициды и фунгициды применяют методом опрыскивания, опыливания, газификации, протравливания, а также аэрозольным способом.

При *опрыскивании* из ядохимиката готовят водный раствор, суспензию или эмульсию, которые подаются на вегетативные органы растений в тонкораспыленном состоянии. Мельчайшие капельки рабочей жидкости плотно прилипают к поверхности растений и хорошо удерживаются на ней. После испарения воды на

поверхности растений остается тонкий равномерный слой ядохимиката. Рабочая ядовитая жидкость в зависимости от назначения может состояться из одного или нескольких не реагирующих между собой химикатов.

Машины, предназначенные для опрыскивания растений рабочей ядовитой жидкостью, называются опрыскивателями. Они нашли широкое применение в сельском хозяйстве. Для сокращения расхода воды и затрат труда и энергии для опрыскивания используют более концентрированные рабочие жидкости, что значительно повышает эффективность применения опрыскивателей.

При *опыливании* химическое вещество подается на растение в пылеобразном состоянии и покрывает вегетативные органы растений тонким слоем ядохимиката.

Машины, предназначенные для опыления растений, называются *опыливателями*. Они менее громоздки, чем опрыскиватели, так как, работая без воды, затрачивают меньше труда и механической энергии. Но расход ядохимиката при этом способе борьбы с вредителями и болезнями бывает значительно больше, так как сухой ядохимикат хуже прилипает к поверхности растений.

При *фумигации* ядовитая жидкость вносится в почву в дозированном количестве, испаряется, распространяется в порах почвы и попадает в организм вредителей через дыхательные органы или поверхностный покров.

Машины, предназначенные для внесения в почву фумигантов, называются *фумигаторами*.

При *аэрозольном способе* борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений раствор

ядохимиката и минерального масла термомеханическим или механическим путем распыляется в мельчайшие капельки, которые образуют туман, оседающий на растениях равномерным слоем. При этом способе расход жидкости бывает значительно меньше, что способствует сокращению трудовых затрат.

При *протравливании* семенной материал перемешивают с дозированным количеством сухого или жидкого ядохимиката, который покрывает поверхность семян тонким слоем. Машины, предназначенные для протравливания семян, называются *протравливателями*.

4.2. Агротехнические требования к машинам для химической защиты растений

Машины для химической борьбы с вредителями, болезнями и сорняками должны: 1) выполнять работы в оптимальные сроки, установленные с учетом развития растений, биологических особенностей вредных организмов, почвенных и метеорологических условий; 2) равномерно распределять ядохимикаты по обрабатываемому объекту с заданной нормой расхода (степень неравномерности не должна превышать 5%, а отклонение от нормы расхода - 3%); 3) иметь истребительный эффект не менее 95% для вредителей и болезней и 90% - для сорняков; 4) повреждение культурных растений не должно превышать 0,5% [2, 5].

Кроме того, к машинам предъявляются дополнительные специфические агротехнические требования.

Протравливатели должны хорошо перемешивать семена с ядохимикатами, выдерживая норму расхода яда; рабочие органы протравливателей не должны повреждать семена; протравливатели должны быть герме-

тичны и безопасны при работе, особенно при сухом протравливании; передаточные механизмы должны иметь защитное устройство, обеспечивающее безопасность работы и не затрудняющее обслуживание машины.

Опрыскиватели должны иметь распыливающие устройства, обеспечивающие наиболее равномерный распыл жидкости по размеру капель; они должны точно дозировать ядохимикаты, сохранять требуемый расход жидкости за весь период опорожнения резервуара независимо от скорости движения агрегата. Неравномерность состава рабочей жидкости не должна превышать $\pm 5\%$. Покрытие всего растения или его части в зависимости от места расположения вредителей или возбудителей болезни должно быть равномерным; неравномерность не должна превышать 50% по ширине захвата машины и 20% по ходу движения агрегата. При обработке садовых насаждений воздушный поток должен подавать распыленную рабочую жидкость на высоту не менее 8 м. Скорость воздушного потока на входе внутрь кроны должна быть не более 30 м/с.

Опыливатели должны быть универсальны, то есть: обрабатывать как садовые насаждения, так и полевые культуры; обеспечивать тонкое распыливание ядохимикатов; создавать равномерную по ширине захвата пылевую волну и обеспечивать равномерный и полный охват растений этой волной и равномерное их покрытие ядохимикатом. Неравномерность дозирования пылевидного ядохимиката не должна превышать $\pm 15\%$.

4.3. Основы теории и расчета опрыскивателей

Опрыскиватели являются наиболее распростра-

ненными машинами, предназначенными для химической защиты растений, что объясняется рядом преимуществ способа нанесения на растения жидкого ядохимиката. Яды, наносимые на растения в виде растворов, хорошо прилипают к ним, поэтому расходуются экономичнее, чем при опиливании. Опрыскиванием смесью ядохимикатов можно одновременно обрабатывать растения против двух и более видов вредителей или против вредителей и болезней. Недостатком опрыскивателей является громоздкость их конструкции и быстрый износ деталей, соприкасающихся с агрессивной средой [5].

В зависимости от способа нанесения распыленной рабочей жидкости на обрабатываемые растения опрыскиватели подразделяют на *гидравлические* и *вентиляторные*.

Гидравлические опрыскиватели распиливают рабочую жидкость и наносят ее на растения только под воздействием напора жидкости, создаваемого насосом.

Вентиляторные опрыскиватели наносят распыленную под напором насоса жидкость на растения с помощью воздушных потоков, создаваемых вентилятором. Вентиляторные опрыскиватели являются более компактными и производительными.

4.3.1. Распыливающие наконечники и их расчет

Распыливающие наконечники являются самой ответственной частью опрыскивателя, так как от их работы зависит равномерность покрытия растений распыленной жидкостью. По назначению и устройству распыливающие наконечники разделяют на полевые и садовые, (рис. 57) [5,12].

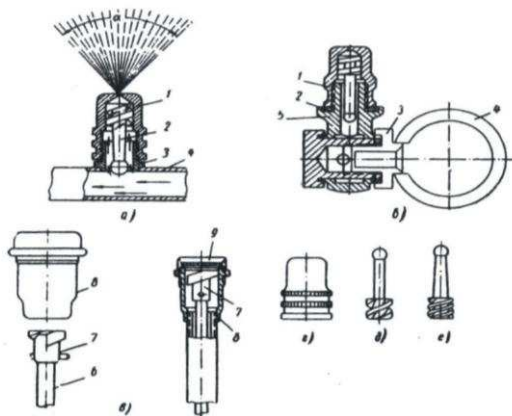


Рис.57. Распыливающие наконечники опрыскивателей:

а и б – полевые; в – садовые (брандспойты); г - колпачок; д – обыкновенный сердечник (шаг резьбы 8 мм); е – экономичный сердечник (шаг резьбы – 3мм); 1 - колпачок; 2 – сердечник; 3 – штуцер; 4 – штанга ; 5 - шарнирная головка; 6 – стержень; 7 – распылитель; 8 - корпус ; 9 – крышка

Полевые наконечники, (рис. 57, а, б) применяют для опрыскивания низкорослых растений (полевых культур, виноградников и т.д.). Они хорошо распыляют жидкость при небольших давлениях (3-5 ат) и дают короткую (1-2 м) струю с широким распылом.

Размер частиц распыленной жидкости в большой степени зависит от угла подъема и площади сечения винтовых каналов распылителя. С уменьшением их уменьшается средний размер частиц жидкости, а также расход жидкости наконечником. В зависимости от этого полевые наконечники подразделяют на обыкновенные и экономичные. Распылители имеют винтовую ленточную нарезку для придания жидкости вращательного движения и лучшего распыления. Распылители плотно вставляют в колпачок; пространство между дном колпачка и концом распылителя называется камерой завих-

рения, величина которой в наконечниках этого типа постоянная. По конструкции полевые наконечники подразделяются на одинарные, у которых колпачок жестко прикреплен непосредственно к штуцеру штанги, и двойные, состоящие из средней головки, ввинчиваемой в штуцер штанги или в трубку брандспойта, закрытой и открытой головок, винтовой шпильки с затяжной гайкой, двух распылителей и двух колпачков. Крайние головки наконечника можно поворачивать на шпильке и закреплять под различными углами для различного направления распыляемой жидкости. Полевые наконечники стандартизированы.

Садовые наконечники (рис. 57, в) укрепляют на конце трубки брандспойта. У распылителя 7, вставляемого в корпус 8, нарезка более крупная, чем у полевых наконечников. Благодаря этому распыляемая жидкость не получает сильного завихрения, струя приобретает хорошую дальнобойность. Распылитель жестко соединен со стержнем 6 ручки брандспойта. В корпус наконечника вставляют сменные диафрагмы, различающиеся по диаметру и числу выходных отверстий для получения различного расхода и степени распыла жидкости. Диафрагму крепят к корпусу крышкой 9. Величину камеры завихрения, а вместе с этим степень распыла и угол конуса распыла можно изменять путем поворота брандспойта.

Для хорошей работы садовых наконечников требуется давление 20-25 ат, они дают струю распыленной жидкости высотой 8-9 м. Для обработки деревьев высотой до 12 м применяют дальнобойные брандспойты.

Действие наконечников обоих типов состоит в следующем: жидкость, поданная насосом под давлением в корпус наконечника, проходит через винтовые ка-

налы сердечника и приобретает вращательное движение. Затем она поступает в камеру завихрения, откуда с большой скоростью выбрасывается через выходное отверстие колпачка или диафрагмы наружу и мелко распыливается под действием центробежной силы и удара об окружающий воздух. В результате образуется конусообразный факел мелкораспыленной жидкости.

Расход жидкости через наконечник определяют по формуле

$$Q = s\mu\sqrt{2gH}, \quad (178)$$

где s – площадь выходного отверстия наконечника, м;
 μ – коэффициент (для обычных полевых наконечников $\mu=0,43...0,47$, для экономичных $\mu=0,22...0,25$);

g – ускорения силы тяжести;

H – напор, создаваемый насосом, мм вод. ст.

Расход жидкого ядохимиката за единицу времени зависит от суммарной площади выходных отверстий рабочих органов и напора жидкости, создаваемого насосом.

Расход жидкости при работе опрыскивателя с полевыми наконечниками, имеющими постоянный расход жидкости, определяют по формуле

$$Q = \frac{VBq}{10 \cdot 60}, \quad (179)$$

где V – рабочая скорость машины, км/ч;

B – ширина захвата машины, м;

q – норма расхода раствора ядохимиката, л/га.

Для определения расхода жидкости опрыскивателями с наконечниками садового типа в предыдущую

формулу вводят коэффициент φ . Формула принимает вид

$$Q = \frac{VBq}{\varphi \cdot 10 \cdot 60}. \quad (180)$$

Величину φ выбирают в пределах 0,5 - 0,7. Этот коэффициент учитывает изменение величины конуса распыла и дальности струи при обработке деревьев.

Норма расхода жидкости должна быть согласована с производительностью насоса.

4.3.2. Расчет поршневого насоса

Производительность поршневого насоса определяют по формуле

$$q = \frac{\pi d^2}{4} \sin \alpha, \quad (181)$$

где d - диаметр поршня, дм;

S - ход поршня, дм;

n - число двойных ходов поршня в минуту или число оборотов вала кривошипа в минуту;

i - число цилиндров насоса;

α - коэффициент объемного наполнения насоса, учитывающий разницу между действительной и теоретической подачей жидкости $\alpha=0,8-0,9$).

Мощность, потребную для привода насоса в действие, определяют по формуле

$$N = \frac{Q \gamma H}{60 \cdot 75 \cdot \eta}, \quad (182)$$

где Q - действительная подача жидкости насосом, л/мин;

γ - удельный вес жидкости, кг/л;

H - давление в м вод. ст.;

η - общий к. п. д. насоса ($\eta=0,6-0,75$).

Высоту распыленной струи опрыскивателей с наконечниками садового типа (брандспойта) определяют по следующей эмпирической формуле:

$$h_1 = d_1 + 5,5, \quad (183)$$

дальнобойного

$$h_2 = 4,7d_2 - 0,7, \quad (184)$$

где d_1 и d_2 - диаметры отверстий наконечников, мм.

4.3.3. Критерии качества опрыскивания

У всех опрыскивателей рабочая жидкость дробится на капли наконечниками. Вентиляторы дополнительно дробят и транспортируют жидкость или же только транспортируют ее [12,15,18].

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

$$d_k = \frac{d_{cl}}{\sqrt[3]{\frac{4 \sin^3 \alpha}{2 + \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha}}}, \quad (185)$$

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 $M(\%)$ - второй критерий оценки работы опрыскивателей.

$$M = \frac{100\pi}{4F_0}(d_1^2 n_1 + d_2^2 n_2 + \dots + d_n^2 n_n) = \frac{25\pi}{F_0} \sum d_i^2 n_i, \quad (186)$$

где $d_1; d_2 \dots d_n$ - диаметр следов капли, мкм;
 $n_1, n_2 \dots n_n$ - количество капель каждого размера;
 F_0 - исследуемая площадь, мкм².

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

$$k_{эф} = \frac{F_{эф}}{F_{сл}} = \frac{(d_{сл} + 2r)^2}{d_{сл}^2}. \quad (187)$$

Здесь площадь следа капли

$$F_{сл} = 0,78d_{сл}^2, \quad (188)$$

а площадь эффективного действия капли

$$F_{эф} = 0,78(d_{сл} + 2\kappa)^2, \quad (189)$$

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

Отсюда степень эффективного покрытия каплями обрабатываемой поверхности

$$M_{эф} = k_{эф} M. \quad (190)$$

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.

4.3.4. Малообъемное опрыскивание

Рабочая жидкость складывается из двух основных компонентов - ядохимиката и воды. Если первый из них - действующий фактор, то вода - это разбавитель и но-

ситель яда. Производительность опрыскивателей и стоимость обработки ими одного гектара посадки непосредственно зависит от расхода воды: чем больше расход, тем ниже производительность и тем выше стоимость работы химической защиты растений [15].

Особенности малообъемного опрыскивания. Расход воды при опрыскивании колеблется в широких пределах, обычно от 300 до 1000 л/га, при конструктивных возможностях опрыскивателей от 100 до 2000 л/га.

Если повысить концентрацию ядохимиката в рабочей жидкости, то это позволит значительно уменьшить ее расход. Опрыскивание концентрированной жидкостью при уменьшенном ее расходе на гектар посадки (или на одно дерево) называется малообъемным.

Малообъемное опрыскивание может быть только мелкокапельным. Мелкие капли концентрированной ядовитой жидкости лучше проникают внутрь кроны и хорошо оседают на нижней стороне листьев и дольше удерживаются на ней.

Требование достаточно большой энергии потока рабочей смеси не позволяет ставить на малообъемных опрыскивателях насосы' низкого давления - они оборудуются насосами высокого давления.

4.4. Расчет параметров опыливателей

Опыливатели предназначены для нанесения на растения сухих или увлажненных порошкообразных ядохимикатов. Обработка порошкообразными ядами ввиду большого рабочего захвата опыливателей является менее трудоемким и более производительным по сравнению с опрыскиванием, но имеет существенные недостатки. Из-за слабого прилипания порошка к листь-

ям растений расход ядохимиката при опылировании в 3 - 4 раза больше, чем при опрыскивании. При незначительном (2-3 м/с) негре производить опылирование нельзя, так как порошок сдувается с растений.

4.4.1. Типы распыливающих устройств

С помощью распыливающих устройств распиливают порошкообразный ядохимикат и наносят его на обрабатываемые растения. В опыливателях применяют распыливающие устройства двух типов: бокового дутья - для обработки садов; прямого дутья - для обработки полевых культур и виноградников [5,11].

Распыливающие устройства бокового дутья выбрасывают пылевой поток ядохимиката на растения сбоку из одного или двух металлических трубопроводов, соединенных с выходным отверстием вентилятора. На другом конце трубопроводов устанавливают распыливающие наконечники.

Распыливающие устройства прямого дутья выбрасывают пылевой поток ядохимиката на растения сверху или с боков из шести-восьми трубопроводов, присоединенных к выходному отверстию вентилятора посредством специальной распределительной коробки. На концах трубопроводов также устанавливают наконечники.

Наконечники придают пылевому потоку направление и скорость, необходимые для полного и равномерного охвата обрабатываемых растений распыленным ядохимикатом. В опыливателях применяют наконечники следующих типов (рис. 58): плоские конические, открытые ложкообразные, секирообразные и цилиндрические.

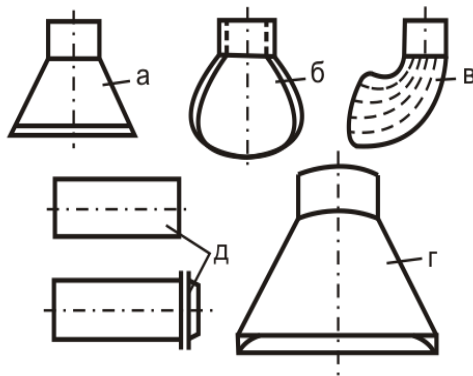


Рис.58. Наконечник опыливателей: а и г – плоские конические; б – открытый ложкообразный; в – секирообразный; д – цилиндрические

Конические, секирообразные и ложкообразные наконечники предназначены для обработки полевых, огородных и других низкорослых культур, а также виноградников; при этом ложкообразные наконечники применяют для опыливания нижних поверхностей листьев низкорослых культур хлопчатника, винограда), так как они дают сравнительно широкую и короткую волну, направленную под некоторым углом вверх.

Плоские конические наконечники имеют выходное отверстие в виде прямоугольной щели; они создают пылевой поток с определенным направлением. Скорость движения воздушного потока на выходе из этих наконечников составляет 5 - 8 м/сек.

Секирообразные наконечники благодаря наличию в их выходных отверстиях специальных регулируемых направляющих планок дают еще более определенное направление пылевого потока.

Цилиндрические наконечники предназначены для обработки садов и лесозащитных полос боковым дульем. Эти наконечники дают пылевой поток длиной до

40 м и высотой до 20 м.

Расчет расхода ядохимиката опыливателями сводится к определению его количества, которое должно быть подано за определенное число оборотов ходового колеса:

$$g = \frac{n\pi DBG}{10000}, \quad (191)$$

где n - число оборотов ходовых колес, сделанных за время установки;

D - диаметр ходового колеса, м;

B - ширина захвата пылевой волны, м;

G - норма расхода ядохимиката, кг/га.

Для тракторного опыливателя:

$$g = \frac{VBG}{10 \cdot 60}, \quad (192)$$

где V - скорость движения опыливателя, км/ч;

B - ширина захвата пылевой волны, м,

G - норма расхода ядохимиката, кг/га.

4.4.2. Расчет основных параметры опыливателей

Главный рабочий орган опыливателей - питатель, который одновременно служит дозатором. Различают питатели четырех видов: шнековые, плоскостерочные, дисковые и пневматические - скоростные [5,15].

Производительность шнекового питателя определяется по уравнению основанному на формуле В.П. Горячкина ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{k_H s \omega}{60} \cong 0,13 d^2 k_H s \omega, \quad (193)$$

где d - диаметр витка шнека, м;
 k_H - коэффициент наполнения;
 s - шаг витка, м;
 ω - угловая скорость ленточного шнека, рад/с (4,5 - 6,0).

Производительность плоскостерочного питателя, применяемого для ручных опыливателей, $\text{дм}^3/\text{с}$:

$$q = \frac{F V_0 K_H n_D}{10}, \quad (194)$$

где F - площадь одного дозирочного окна, дм^2 ;
 V_0 - начальная скорость падения препарата, м/с;
 K_H - коэффициент наполнения (для порошков 0,7 - 0,8);
 n_D - количество дозирочных окон.

Пропускная способность пневматических скоростных питателей, устанавливаемых на тракторных и автомобильных опыливателях, вычисляется по формуле ().

Производительность дисковых питателей ($\text{дм}^3/\text{с}$), которыми оборудуются конные и некоторые тракторные опыливатели, определяют по формуле:

$$q = 10 k_H f V F_0, \quad (195)$$

где F_0 - площадь кольцевого просвета между плоскостью диска и нижним обрезом дозирочной манжеты (муфты), дм^2 ;
 V - окружная скорость диска, м/с,
 k_H - коэффициент наполнения (0,7 - 0,8);

f - коэффициент трения массы препарата о плоскости диска.

Суммарный расход распыливающего механизма - штанги опыливателя:

$$q = V \frac{\pi \left(\frac{D+d}{2} \right)^2}{4} = V(F_1 + F_2 + \dots + F_n), \quad (196)$$

где D - диаметр штанги (трубы) в середине (на входе);

d - диаметр штанги в конце;

F - площадь сечения распиливающих щелей.

Воздушная струя, выходящая из опыливателя, образует угол $\pi/2$ с направлением его движения. При перемещении опыливателя по обрабатываемому участку траектория струи принимает криволинейную форму.

Степень опыляемости растений, т. е. количество пылинок на 1 мм^2 листа - критерий качества опыливания. Степень опыляемости Δ есть функция угла атаки:

$$\Delta = \delta(1 + k \sin \alpha), \quad (197)$$

где δ - степень опыляемости обратной стороны листьев, не зависящая от угла атаки;

k - безразмерный коэффициент, определяемый концентрацией яда в воздухе;

α - угол атаки (угол между осью потока и плоскостью опыливаемого объекта).

Абсолютная скорость воздушного потока определяется из выражения:

$$V = \sqrt{V_{om}^2 + V_M^2 + 2V_{om} V_M \cos \beta}, \quad (198)$$

где $V_{от}$ - относительная скорость воздушного потока;
 V_m - скорость машины;
 β - угол между $V_{от}$ и V_m .

При скорости передвижения машин 1,1 м/с максимальная опыляемость наблюдается, когда $\beta=75^\circ$.

В нормальных условиях опыливания с боковым дутьем распыливающие наконечники должны быть отведены от куста на расстояние

$$L = \frac{h}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (199)$$

где h - высота куста;
 α - угол расширения конуса распыла в вертикальной плоскости.

Расстояние L ограничивается противоположным (с другой стороны междурядий) рядом кустов до величины

$$L \leq m - \frac{c}{2}, \quad (200)$$

где m - ширина междурядий;
 c - ширина куста.

Угол β наклона к горизонту распыливающих наконечников зависит от условий работы.

Дальность струи при работе опыливателей зависит от внешних факторов. Поэтому если увеличивается диаметр сопла, то необходимо повысить давление в трубопроводе, чтобы сохранить дальноточность машины.

4.5. Расчет параметров протравливателей

Производительность перемешивающего шнека - основного рабочего органа протравливателя (т/ч) - находят по уравнению:

$$q = 3600 F_M V_{II} \gamma, \quad (201)$$

где $F_M = \frac{\pi d^2}{4} k_H V$ - площадь поперечного сечения слоя перемещаемого материала, м²;

d - диаметр шнека, м;

k_H - коэффициент заполнения желоба шнека;

V - коэффициент, учитывающий снижение производительности шнека вследствие его наклона к горизонту;

V_{II} - скорость продольного перемещения материала, м/с;

γ - объемная масса материала, кг/м³.

Скорость продольного перемещения материала вычисляют по формуле:

$$V_{II} = \frac{sn}{60}, \quad (202)$$

где s - шаг витка шнека, м;

n - частота вращения, об/мин.

Средняя скорость движения зерна пшеницы от 0,017 до 0,027 м/с.

При проверке расхода яда протравливателями сначала определяется опытным путем расхода семян при наибольшей их подаче, затем, - также из опыта, - подача ядохимиката. Оба показателя приводятся в соответствие.