

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
АРМЯНСКИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ОГАНЕСЯН К. Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОШНИКОВ
ТУКОВЫСЕВАЮЩИХ МАШИН

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель,
заслуженный деятель науки,
доктор технических наук,
профессор СААКЯН С. С.

ЕРЕВАН - 1967

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
АРМЯНСКИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ОГАНЕСЯН К. Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОШНИКОВ ТУКОВЫСЕВАЮЩИХ МАШИН

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель,
заслуженный деятель науки,
доктор технических наук,
профессор СААКЯН С. С.

ЕРЕВАН — 1967

Работа выполнена в Армянском сельскохозяйственном институте на кафедре «с/х машин». Полевые исследования проводились в Спитякском районе в совхозе «Спитяк» со свекловичным уклоном.

Защита диссертации состоится на заседании Ученого совета Арм. СХИ 10-ой декаде декабря 1967 г.

Отзывы и замечания по автореферату (в 2 экз.), заверенные печатью, просим направлять по адресу: Ереван, 9, Теряна 74. Арм. СХИ., ученому секретарю.

ВВЕДЕНИЕ

Директивами XXIII съезда Коммунистической партии Советского Союза определены пути дальнейшей интенсификации сельского хозяйства, играющего важную роль в развитии экономики страны и подъеме материального благосостояния трудящихся.

Среди задач по дальнейшему развитию сельского хозяйства, исключительно важная роль принадлежит вопросам химизации, т. к. применение минеральных удобрений является одним из действенных средств для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

В общей проблеме химизации сельского хозяйства, помимо мероприятий по увеличению производства удобрений, повышения их качества, борьбе с потерями при перевозке, хранении и использовании, важная роль принадлежит вопросам внесения удобрений в почву. Решение этого вопроса, определяющего рациональное использование минеральных удобрений, связано с механизацией работ по внесению их в почву и может быть достигнуто путем создания новейших машин и орудий повышающих эффективность применения минеральных удобрений.

Среди этих механизмов значительная роль должна принадлежать туковысевающим машинам. Одним из основных звеньев в их конструкции являются сошники. Однако до настоящего времени работа туковых сошников исследована недостаточно, особенно в условиях применения повышенных скоростей и при различном рельефе местности.

За последние годы в нашей стране наблюдается положительная тенденция перевода сельскохозяйственных агрегатов

на повышенные рабочие скорости. Эти эксперименты проводятся на зерновых и других сеялках, но не на туковысевающих машинах. То же можно сказать и по вопросу учета формы микрорельефа.

Имеющиеся в отечественной и зарубежной литературе сведения по туковым сошникам недостаточны. Еще нет законченных исследований вскрывающих сущность работы тукового сошника в зонах с различным микрорельефом и в условиях повышенных скоростей. Эти вопросы приобретают особо важное значение если учесть, что значительная часть земельных площадей в Советском Союзе, используемых под сельскохозяйственные культуры, расположена на склонах.

При работе туковый сошник совершает значительные колебательные движения как в горизонтально-поперечной, так и в вертикальной плоскостях. Вопросы кинематики движения тукового сошника, остающиеся до настоящего времени не изученными, связаны с такими важными процессами как бороздообразование, внесение и распределение минеральных удобрений в почву.

Недостаточная изученность всех звеньев в конструкции туковысевающих машин и их использования в различных условиях микрорельефа и повышенных скоростей, выдвинуло перед нами и другую задачу—теоретически обосновать и разработать на научной основе рациональную конструкцию тукового сошника.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вследствие разнообразия факторов, влияющих на качество работ туковых сошников и отсутствия единой научно-обоснованной методики испытания и исследования туковых сошников, приходилось использовать имеющиеся материалы по этому вопросу со значительными корректировками и дополнениями, которые производились в ходе экспериментальных исследований.

Лабораторные опыты проводились на приспособленном для наших задач закрытом почвенном канале, установленном

в лаборатории почвообрабатывающих машин кафедры «С/х машин» Арм. СХИ (почвенный канал изготовлен из сварных металлоконструкций и установлен на шарнирах, позволяющих проводить эксперименты на разных уклонах), а лабораторно-полевые—на открытой почвенной траншее той же кафедры.

Использование почвенных каналов закрытого и открытого типов, засыпка их почвой различного типа, применение новейших измерительных приборов, в частности, электрических методов, дает возможность глубокого изучения туковых сошников. При выполнении работы были разработаны и применены: а) методика исследования кинематики движения туковых сошников; б) методика определения равномерности распределения туков в почве туковыми сошниками.

а) Методика исследования кинематики движения туковых сошников.

Академик В. П. Горячкин отмечал, что «...выбор основных элементов есть решительный момент при постановке всякого рода вопросов», и поэтому одной из основных задач при изучении сошников с/х машин является выбор основных элементов исследования.

Рельсовая траншея и почвенный канал, подготовленные для исследования сошников, дали возможность изучить влияние: а) уклона местности, б) скорости движения и в) влажности почвы на равномерность хода сошника, глубину обработки и тяговое сопротивление.

При изучении вышеприведенных вопросов определялись следующие величины: траектория движения тукового сошника в горизонтально-поперечной и вертикальной плоскостях и тяговое сопротивление в зависимости от: а) уклона местности, б) влажности почвы, в) скорости движения и г) глубины обработки.

Для получения траектории движения тукового сошника в горизонтально-поперечной и вертикальной плоскостях были применены реостатные датчики, соединенные потенциометрической схемой— R реостата=2 ком. Измерения тягового сопротивления тукового сошника производились тяговым звеном

тензодинамометра конструкции ВИСХОМ-а с пределом измерения от 10 до 100 кг.

Регистрация полученных измерений производилась электродетективным осциллографом типа Н-700, электрическое питание которого осуществлялось от сети переменного тока 220/127 в через лабораторный автотрансформатор типа ЛАТР—1М.

б) Методика определения равномерности распределения минеральных удобрений туковыми сошниками в почве.

Вопросу распределения минеральных удобрений в почве туковым сошником посвящено очень мало работ. Имеющиеся же работы, с точки зрения методики проведения исследований, ничего нового и эффективного не дали.

При исследовании туковых сошников различных конструкций было установлено, что в процессе работы сошник (в зависимости от скорости движения, влажности почвы, уклона местности и других факторов) производит как вертикальные, так и горизонтально-поперечные колебания. Вследствие этих колебаний удобрения вносились в почву неравномерно.

Для определения характера и формы распределения минеральных удобрений туковым сошником в почве необходимо было определить количество минеральных удобрений, внесенных в единицу объема почвы в зоне действия тукового сошника.

После определения количества удобрения, приходящегося на единицу объема почвы, можно было составить поле распределения удобрения как по глубине, так и по сторонам.

Опыт проводился с двумя видами удобрений: порошкообразным (селитра аммиачная)—II способ и гранулированным (суперфосфат)—I способ. Здесь нас интересовало распределение концентрации туков в почве в зависимости от их механического состава.

I способ. В почвенный канал устанавливался ящик с почвой, просеянной через сито № 3 (отверстие 3 мм). Размеры ящика брались 350 x 500 x 1200 мм—с учетом распространения зоны деформации почвы от деформатора.

Ящик занимал только правую часть почвенного канала, а другая половина использовалась как опора для колеса экспериментальной установки, от которого и передавалось движение к туковысеивающему аппарату.

После внесения удобрения в почву определялась зона возможного распределения туков как в горизонтально-поперечном направлении, так и в вертикальном, с последующей трамбовкой и разрезанием 6-7 сечений в одном секторе по ходу движения сошника (по длине ящика), а затем брались пробы.

Для определения равномерности распределения и количества удобрения, внесенного сошником на единицу объема почвы (взятой на пробу) по 1 способу мы пользовались установкой, предназначенной для «электроанализа» веществ, находящихся в почве.

Экспериментальная установка представляла собой контактный **кондуктомер**, работающий на принципе электрической проницаемости среды.

Принцип работы кондуктометра заключается в следующем.

Звуковой генератор, питаемый от сети переменного тока 127-220 в вырабатывает ток n /частоты в пределах 16-20,0 гц, к выходным клеммам его подключался понижающий трансформатор ТР-1 с целью уменьшения обратной связи между датчиком и звуковым генератором (ЗГ); переменное напряжение n /ч 1200 гц, $U=1,5$ в подается на электроды датчика, которые представляют собой пластины из нержавеющей стали размером 10 x 2 x 25 мм, вделанной в цилиндр из органического стекла. Под действием напряжения n /ч, полученного от (ЗГ), через исследуемую среду проходит переменный ток, — величина в определенном диапазоне прямо пропорциональна количеству удобрения.

Порядок проведения эксперимента был таков: в определенном объеме брали почву, в которой отсутствует удобрение. Добавляя к этой почве 70 мг. дистиллированной воды, составляли суспензию. Включая установку, измеряли ток, проходящий через эту суспензию и записывали данные измерения в таблицу, добавляя в этот раствор удобрение по 5 мг. и после

тщательного перемешивания, включали в измерительную схему и измеряли ток, проходящий по этому раствору.

По полученным величинам тока и содержания удобрения строили тарировочную кривую с тем, чтобы на оси абсцисс располагались содержание удобрения, а на ординатной оси — ток, проходящий через данную водную суспензию. Тарировочная кривая позволила нам приступить к определению количества удобрения, находящегося в единице объема почвы, взятой на пробу.

Определение наличия и количества удобрения в единицах объема почвы, взятых на пробу, производилось в следующей последовательности.

Почвы с удобрением растворяли в дистиллированной воде, весовая часть которой должна быть такой же, как при составлении водных растворов. Измеряли ток, проходящий по этим образцам и по его величине на тарировочной кривой находили процентное содержание удобрения в данном объеме почвы. Это повторялось для всех точек каждого исследуемого сечения.

Второй способ (принудительного обволакивания) определения количества удобрения на единицу объема почвы (для гранулированных удобрений) заключался в следующем.

Гранулированное удобрение, перед внесением в почву обволакивалось в связывающейся жидкости металлическим порошком, а затем подвергалось воздушной сушке. После прохождения тукового сошника брались пробы с удобреной почвы (порядок взятия на пробу аналогичен с порядком, описанным в I-ом способе). Далее, при помощи магнита извлекались из взятой на пробу почвы частицы удобрения и взвешивались.

Определение равномерности распределения минеральных удобрений туковым сошником I-ым способом требует наличия соответствующей аппаратуры (и кетати недорогостоящей). Точность полученных данных эксперимента довольно высокая.

Определение же равномерности распределения туков в почве по II-ому способу наталкивались на трудности, связанные с изменением формы гранулы тука, коэффициента трения о металл и почву, собственного веса и т. д., что конечно, не могли не повлиять на точность полученных данных.

КЛАССИФИКАЦИЯ СОШНИКОВ ТУКОВЫСЕВАЮЩИХ МАШИН И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

I. Классификация сошников туковысевающих машин.

Имеется много конструкций туковых сошников, значительно по отличающихся друг от друга как по форме своей конструкции, так и по технологическому процессу высева. Но в литературе по сеялкам до настоящего времени нет четкой и научно-обоснованной классификации туковых сошников.

Сошники туковых сеялок по конструкции подразделяются на 3 основные группы:

I. Паралельниковые (комбинированные).

II. Дисковые.

III. Специальные.

К I группе относятся следующие типы туковых сошников:

а) килевидные; б) анкерные и в) полозовидные.

Ко II группе относятся однодисковые комбинированные сошники.

К III-ей группе относятся сошники:

а) с подкормочными ножами;

б) с роторным устройством;

в) с клапанным устройством;

г) с постоянным и со сменным ниппелями.

По роду вносимого в почву минерального удобрения туковые сошники подразделяем на две группы:

I. Вносящие сухие минеральные удобрения (гранулированные и порошкообразные).

II. Вносящие жидкие удобрения.

Все туковые сошники, кроме сошников с клапанным устройством, с постоянным и со сменным ниппелями и однодисковых, относятся к первой группе и вносят туки в сухом состоянии.

По технологическому процессу высева минеральных удобрений туковые сошники подразделяем на следующие группы:

I. Сошники со свободным падением туков.

II. Сошники с несвободным падением туков:

а) с роторным устройством;

б) с рассекателем для минудобрений;

лом вхождения в почву, кривая профиля описана по уравнению $R=0,001X^3$, форма поперечного сечения-симметричный клин.

№ 5 — анкерный комбинированный сошник, с острым углом вхождения в почву, кривая профиля описана по уравнению $R=0,0001X^3$, форма поперечного сечения-симметричный клин.

Не менее важную часть нашего исследования занимал вопрос изучения конструктивных характеристик и основных параметров сошников туковысевающих машин.

В отечественной и зарубежной литературе вопросам изучения конструктивных характеристик и параметров сошников туковысевающих машин серьезного внимания не уделяется.

Имеющиеся же данные отрывочны и неполны, почему и многие параметры с сошников туковысевающих машин мы брали с натуры, картин, чертежей, со схем и т. д.

Сошники туковысевающих машин по углу вхождения в почву можно подразделять на две группы:

1. С острым углом вхождения в почву $\alpha < \frac{\pi}{2}$
2. С тупым углом вхождения в почву $\alpha > \frac{\pi}{2}$

Сошники туковысевающих машин с острым углом вхождения в почву характерны тем, что почва при прохождении сошника поднимается по кривой профиля сошника; угол, на который поднимается почва, называется «углом подъема».

Однако для туковых сошников с тупым углом вхождения в почву этот термин не точен.

Ряд авторов проходит мимо этого обстоятельства, оставляя в силе выражение «угол подъема» и для туковых сошников с тупым углом вхождения в почву.

Здесь скорее всего происходит смятие почвы и поэтому этот угол в данном случае надо называть «углом сминания».

Как показали экспериментальные исследования, это важное обстоятельство при изучении конструктивных характеристик и параметров туковых сошников не должно выходить из поля зрения исследователей.

В таблице № 1 указаны типы испытуемых туковых сошников, их конструктивные характеристики и основные параметры.

III. Физико-механические свойства использованных при исследованиях минеральных удобрений

Физико-механические свойства некоторых туков резко меняются в зависимости от ряда условий, как например, от способа приготовления тука (гранулированный, чешуйчатый, порошкообразный), от количества содержащей в них влаги и пр. Следовательно, при внесении туков будет иметь место неравномерность, поэтому их физико-механические свойства надо отнести к числу таких факторов, которые в какой-то мере влияют на качество работы туковых сошников.

При наших исследованиях опыты проводились суперфосфатом из группы мучнисто-комковатых туков, типичным представителем кристаллической группы тука — аммиачной селитрой.

Основные физико-механические свойства удобрений, влияющие на качество работы туковых сеялок следующие:

а) **Сыпучесть.** Обычно под названием сыпучее тело подразумевается совокупность мелких твердых частиц, не связанных друг с другом ничем, кроме трения.

Примером таких сыпучих тел могут служить горох, вымытый сухой песок, зерно и т. д. М. Х. Пигулевский различает сыпучесть двух видов: активную и пассивную. Тело, обладающее активной сыпучестью, способно на горизонтальной плоскости принять форму конуса. Углом естественного конуса можно характеризовать разные степени сыпучести.

Для активно-сыпучих тел угол естественного наклона не превышает 33—35°. Частицы пассивного сыпучего тела удерживаются в равновесии не только трением, но и сцеплением.

По сыпучести туки можно разделить на сыпучие, малосыпучие и несыпучие. Сыпучесть минеральных удобрений значительно низка и зависит от физического состояния тука.

Факторами, повышающими сыпучесть тука являются:

1) приближение формы частиц к шару; 2) шлифовка по-

верхности частиц; 3) увеличение удельного веса частиц; 4) уменьшение угла покоя; 5) увеличение степени порозности; 6) увеличение величины выпускного отверстия; 7) уменьшение влажности.

Между отдельными факторами существует взаимосвязь, так например, за определенный промежуток времени повышение процента влажности увеличивает угол покоя и объемный вес, вследствие чего снижаются показатели сыпучести. Показателем сыпучести может служить угол естественного откоса или какая-нибудь другая величина, связанная с размерами конуса.

Исследования показали, что при увеличении влажности от $\theta = 5\%$ сыпучесть туков ухудшается незначительно, но при дальнейшем увеличении влажности степень сыпучести резко ухудшается.

б) Угол покоя тука. Угол естественного откоса (покоя) — α , тангенс которого известен под названием коэффициента внутреннего трения ($T = \tan \alpha$), является одним из признаков, характеризующих свойства минеральных удобрений. Величина угла покоя зависит от ряда факторов и измеряется различными методами.

При увеличении влажности тука до 20% значение угла покоя его быстро увеличивается (от 20° до 30°), но при дальнейшем увеличении W угол покоя начинает расти сравнительно плавно.

в) Коэффициент трения скольжения тука. На качество работы туковых сошников в какой-то мере оказывает влияние коэффициент трения скольжения тука о материал, с которым тук соприкасается в процессе работы тукового сошника.

С увеличением влажности коэффициент трения скольжения тука возрастает в прямолинейной зависимости.

г) Объемный вес. Вес единицы объема, который занимает удобрение в пространстве при наличии промежутков и между отдельными его частицами, представляет собой объемный вес. Объемный вес сыпучего тела зависит от следующих переменных:

1) удельного веса вещества; 2) величины его частиц и соотношения различных фракций ситового анализа; 3) влажности и 4) степени давления на него вышележащих слоев.

Изменение объемного веса удобрения в значительной мере происходит в зависимости от его механического состава (величины частиц): с увеличением частиц удобрений объемный вес их уменьшается в прямолинейной зависимости.

д) **Рассеиваемость.** П. А. Баранов отмечает, что на рассеиваемость тука в первую очередь влияют следующие физико-механические свойства:

1) влажность, связанная с гигроскопичностью удобрений,

2) размеры частиц, 3) форма частиц и 4) объемный вес.

Способность рассеиваемости является одним из основных показателей качества удобрения.

е) **Сводообразование,** или способность удобрения образовывать своды при истечении и выталкивании из отверстия, зависит от степени сыпучести и влажности материала и влияет на качество работы туковых сеялок. Показатели способности удобрения к сводообразованию носят условный характер: чем больше склонность тука к сводообразованию, тем большую силу надо приложить для разрушения свода. Эта сила условно принимается показателем способности туков к сводообразованию.

Основные физико-механические свойства использованных при исследовании туков приведены в таблице № 1.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. О сопротивлении движению тукового сошника в почве

Для определения тягового сопротивления тукового сошника мы исходили из его конструктивно-технологических особенностей, основной базой для которой служила рациональная формула академика В. П. Горячкина.

Векторная величина тягового сопротивления равна:

$$P = P_x + P_y + P_z \dots \dots (1)$$

Таблица 2

№ п/п	Наименование удобрения	Основной химический состав	Среднее содержание P_2O_5 или K_2O в %	Объемный вес	Заводская марка	Гигрокопичность	Слеживаемость при хранении
1	Суперфосфат гранулированный	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O + CaSO_4$	P_2O_5 14,0—19,5	1,2	15	Сравнительно слабая 3	Слабо слеживается
2	Суперфосфат двойной	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ с примесью H_3PO_4	P_2O_5 45 : 50	1,0	12,5	Средняя 5	Средне слеживается
3	Суперфосфат простой	То же	P_2O_5 19,5	1,1	6	Средняя 6	Слеживается
4	Аммиачная селитра (азотнокислый аммоний, нитрат алюминия)	NH_4NO_3	N 34,7—35,0	0,8	до 2-х	Очень сильная 11	Сильная у микрокристаллич. и очень слабая у гранулированной
5	Натриевая селитра (азотный натрий, нитрат натрия)	$NaNO_3$	16,0	1,2	0,5—2,0	Сравнительно слабая 4	Слеживается незначительно
6	Хлористый калий	KCl с небольшой примесью NaCl	K_2O 52,4—56,9	0,9	3	Мало гигроскопичен	Сильно слеживается

Дифференцируя значение тягового усилия, необходимое для преодоления сопротивления движению тукового сошника в почве, мы получим выражение, где величина тягового сопротивления сошника будет состоять из следующих составляющих:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \dots (2)$$

Где:

- P_1 —усилие, затрачиваемое на смятие почвы;
- P_2 —усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления на щеках сошника от упругой силы сошника и среды;
- P_3 —усилие, затрачиваемое на протаскивание сошника по дну борозды;
- P_4 —усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления от ускорения.

На рассматриваемом участке движение тукового сошника принимаем установившимся, поэтому $P_4=0$. Тогда в направлении оси X действуют усилия $P_x = P_1 + P_3$, в направлении оси Y — $P_y = P_2 = S_y - R'_y$, в направлении оси Z в нашем случае действующих усилий нет и пространственная задача переходит в плоскую. Имея значения P_x и P_y , можно определить величины составляющих силы сопротивления почвы движению тукового сошника R_x и R_y .

Значения P_x и P_y равны соответственно:

$$P_x = P_1 + P_3 = \frac{Q^2(1 + 0,5\text{tg}^2\varphi)}{2q_0a^2b}$$

$$P_y = P_2 = S_y - R'_y = C U \dots y'$$

Определение величины P_y возможно в том случае, если зависимость $U=f(t)$ известна. Воспользуемся функциональной зависимостью $U=f(t)$, полученной во время экспериментальных исследований. По своему виду эта зависимость напоминала тригонометрический ряд, решение которого заключалось в определении постоянных коэффициентов при синусах и косинусах.

После определения уравнения функциональной зависимости $U=f(t)$, можно перейти к определению составляющих

силы тягового сопротивления тукового сошника при его движении в почве.

Формула тягового сопротивления тукового сошника в общем виде представится так:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Если подставить значения составляющих P_1 , P_2 и P_3 , используя формулу С. С. Саакяна для случая, когда двугранный клин действует на почву рабочей стороной и получается деформационное скольжение клина по почве, при котором происходит смятие почвы и трение ее по поверхности клина (первый член формулы 4), получим

$$P = \sqrt{\left[\frac{Q\Pi(1+0,5\eta^2)}{2q_0 a^2 b} \right]^2 + \left[cy + \mu y' \right]^2} \quad \dots 4$$

Здесь:

q_0 —удельное сопротивление вдавливанию кг/см²;

b —глубина вдавливания;

W —работа на деформацию почвы;

q —объемный коэффициент смятия почвы;

b —ширина сошника;

a —длина сошника;

C —коэффициент, учитывающий влияние жесткости поводка тукового сошника;

μ —постоянный коэффициент пропорциональности, учитывающий влияние среды.

Полученное выражение силы тягового сопротивления движению сошника в почве в отличие от ранее существующих формул учитывает влияние смятия почвы (первый член формулы 4), жесткости упругого стержня поводка сошника (второй член формулы 4), что касается третьего члена формулы (4), учитывающего влияния среды (почвы), то его величина при работе тукового сошника в однородной среде по сравнению с первыми двумя членами формулы тягового сопротивления движению тукового сошника в почве столь незначительна, что ею можно пренебречь.

Предлагаемая формула (4), в отличие от существующих обладает тем преимуществом, что в ней отсутствуют много-

численные коэффициенты, определение которых наталкивалось на трудности, связанные со специальным оборудованием и трудоемкой, кропотливой работой.

Определение же постоянных коэффициентов C и μ не представляет особой трудности.

II. Вынужденные колебания упругого стержня (поводка сошника)

Равномерное распределение минеральных удобрений в горизонтально-поперечной плоскости является одним из основных требований, предъявляемых к процессу удобрения почвы туковыми сошниками.

Геометрическая форма расположения минеральных удобрений в горизонтально-поперечной плоскости под семенами или же в непосредственной близости от корней растения имеет существенное значение для дальнейшего роста семян высеваемой культуры и повышения ее урожайности.

Распределение минеральных удобрений в почве туковым сошником в горизонтально-поперечной плоскости находится в тесной зависимости от его колебаний в этой же плоскости.

Эти колебания являются функцией от упругого стержня (поводка сошника), с которым сошник жестко закреплен, его жесткости— C , а также состояния среды (почвы). Кроме этого на туковый сошник в этой плоскости действует сила μP (составляющая тягового сопротивления сошника в горизонтально-поперечной плоскости), которая является основной силой вызывающей колебания сошника, а также сила сопротивления почвы движению сошника в горизонтально-поперечной плоскости (часть составляющей силы сопротивления среды (почва)— R).

Экспериментальные исследования по определению характера колебаний тукового сошника в почве производились нами в закрытом почвенном канале в лаборатории почвообрабатывающих машин кафедры «с/х машины» Армсельхозинститута.

Для проведения такого рода экспериментальных исследований почву канала мы подготовили особенно тщательно, так как незначительное отклонение величины плотности и влаж-

ности почвы в различных сечениях по всей длине почвенного канала могло привести к неправильным выводам.

Для устранения всякого рода случайных факторов почву канала просеивали два раза через сетки сначала размером отверстий 15×15 мм², а затем $7,5 \times 7,5$ мм². Таким образом достигалась определенная однородность почвы в канале. Для равномерного распределения влаги в почве почвенный канал разбивали на большое количество равных по площади секций, а затем послойно поливали почву каждой секции одинаковым количеством воды.

Для определения влажности почвы, пробы брались в почвенном канале в 10 местах, а затем для большей точности дополнительно в месте прохода тукового сошника через каждые полметра.

Перед каждым проходом тукового сошника мы вручную разрыхляли почву маленькими граблями, а затем трамбовали ее специально приделанным для этой цели маленьким ручным катком так, чтобы плотность варьировала в пределах $1,5$ — $2,2$ кг/см². Плотность почвы измерялась (плотномером конструкции Ревякина) в зоне распространения деформации почвы от тукового сошника в 30 точках.

Таким образом была создана среда, в которой мы могли проверить наши некоторые предположения о влиянии среды на колебания тукового сошника, а также о влиянии жесткости упругого стержня (поводка) тукового сошника на его колебания в однородной почвенной среде.

Несмотря на такую тщательную подготовку математический анализ вопроса и определение влияния отдельных факторов на колебание тукового сошника в почве в горизонтально-поперечной плоскости возможен при некоторых допущениях:

1. Туковый сошник на данном участке движется с равномерно-поступательной скоростью;
2. Вектор тягового сопротивления не меняет своего направления;
3. Вектор силы сопротивления почвы движению тукового сошника не меняет своего направления.

В этом случае на материальную точку M (туковой сошник), движущуюся в однородной среде (почва) с равномерно-поступательной скоростью V_c и совершающую колебательное движение только в горизонтально-поперечной плоскости, будут действовать следующие силы:

S_y — сила упругости стержня, которая всегда стремится восстановить материальную точку в первоначальное положение—ее называют *восстанавливающей силой*; она пропорциональна расстоянию — Y — перемещению точки M .

R'_y — сила сопротивления среды, которую предполагаем пропорциональной скорости материальной точки M в направлении оси Y .

P_y — сила, периодически изменяющая свою величину,—ее называют *возмущающей силой*.

Таким образом, имеем все силы, действующие на движение материальной точки M в горизонтально-поперечной плоскости:

$$1) S_y = C \cdot Y, \text{ где}$$

C —коэффициент, учитывающий влияние жесткости стержня.

$$2) R'_y = \mu \frac{dy}{dt}, \text{ где}$$

μ — постоянный коэффициент пропорциональности, учитывающий влияние среды, если $V_m = \frac{dy}{dt} = Y'$, то $R'_y = \mu \cdot Y'$

$$3) P_y = \dot{f}(t)$$

Приведем схему действия сил на материальную точку M в горизонтально-поперечной плоскости.

В общем виде дифференциальное уравнение движения материальной точки в однородной среде (дифференциальное уравнение упругого стержня) представляется так:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = - C Y - \mu \frac{dy}{dt} + P_y(t) \quad \dots \cdot 5,$$

где: m —масса системы сошник-поводок.

Для решения этого уравнения необходимо знать закон изменения тягового сопротивления во времени, а также закон перемещения тукового сошника в горизонтально-поперечной плоскости, как функцию от времени. Так как нами было принято допущение, что вектор силы тягового сопротивления тукового сошника не меняет своего направления, то состав-

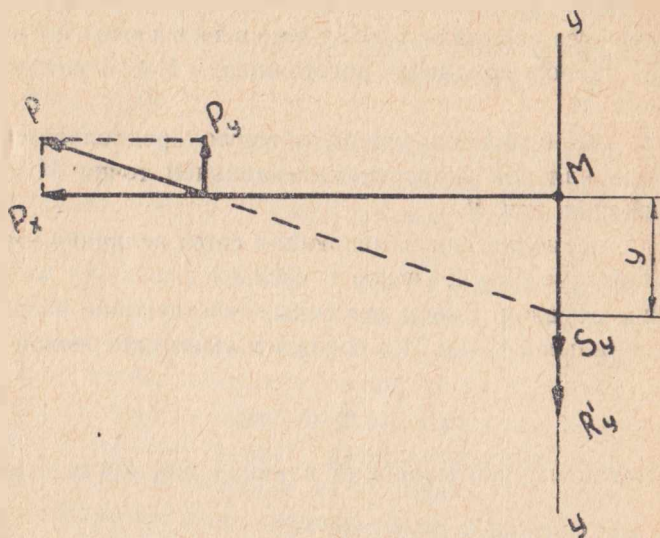


рис. 2. Схема действия сил на туковый сошник в горизонтально-поперечной плоскости

ляющая ее в направлении оси Y будет изменяться во времени по такой же закономерности, что и общее тяговое сопротивление тукового сошника.

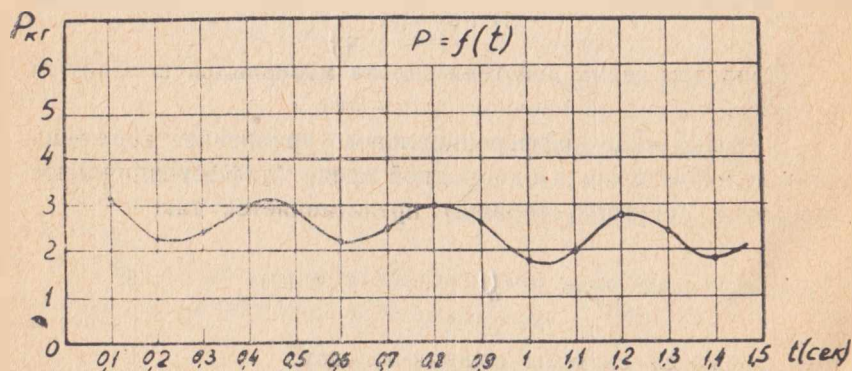


рис. 3. Снятая с осциллограммы кривая зависимости $P=f(t)$

В процессе исследований была получена экспериментальная кривая изменения величины тягового сопротивления в зависимости от времени.

Периодичность кривой $P = f(t)$ позволяет написать ее уравнение, которое выразится через тригонометрический ряд (Фурье) синусов и косинусов:

$$P_y(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nt + b_n \sin nt) \dots (6)$$

Решение уравнения сводится к определению постоянных коэффициентов при синусах — b_n , и косинусах — a_n по формуле Крамера, после чего возможно решение дифференциального уравнения (5). Подставив значения уравнений $P_y = f(t)$ и $Y = 1(t)$ в уравнение (5) и решив его относительно C и μ , получим:

$$\mu = - \left(E_1 \cdot \frac{G_c + G_n}{g} + T_1 \right) \dots (7)$$

$$C = E_2 \cdot \frac{G_c + G_n}{g} + T_2 \dots (8)$$

где: $E_1 E_2$ и $T_1 T_2$ — постоянные коэффициенты,

G_c — вес сошника,

G_n — вес поводка.

Как видно из конечных выражений коэффициентов C и μ их влияние на колебания тукового сошника далеко неодинаково. Оба коэффициента являются функцией от массы системы сошник-поводок и по разному действуют на колебания тукового сошника в горизонтально-поперечной плоскости.

Изменение влажности почвы в пределах от $W_1 = 10\%$ до $W_4 = 25\%$, казалось должно было иметь существенное влияние на колебания сошника, так как увеличение содержания влаги в почве, где суглинистые фракции составляют не малую часть, приводит в увеличению липкости их к сошнику, и что особенно важно, увеличению удельного сопротивления почвы. Однако, как показали лабораторные исследования, изменения амплитуды колебания сошника в горизонтально-поперечной

плоскости при изменении состояния среды каждый раз по сравнению с влиянием жесткости поводка тукового сошника настолько незначительно, что влиянием среды на колебания его при необходимости можно было пренебречь.

Лабораторные опыты показали правильность наших теоретических соображений относительно колебаний сошника в однородной среде и полностью подтвердили наши первоначальные предположения. Из сравнительного анализа значений величины коэффициентов C и μ можно получить полное представление о том, что жесткость упругого стержня (поводок) является основным параметром в дифференциальном уравнении влияющим на вынужденные колебания тукового сошника в горизонтально-поперечной плоскости.

Таким образом, изменением жесткости поводка сошника создается возможность регулирования колебаниями тукового сошника в горизонтально-поперечной плоскости. И если для зерновых сошников колебания в горизонтально-поперечной плоскости недопустимы, то для туковых сошников (не комбинированных) это колебания имеют совершенно иной смысл. Подбором различных значений жесткости упругого стержня (поводка сошника) создается возможность регулирования (сферы) поля распределения туков в почве, внесение их в почву в виде полосы или же прямой линией.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Перед экспериментальными исследованиями ставились следующие задачи: сравнительная оценка работы туковых сошников № 1, 2, 3, 4 и 5 при различных значениях: а) угла наклона местности, б) влажности почвы, в) скорости поступательного движения, г) глубины обработки почвы.

Для оценки качества работы туковых сошников при горизонтально-поперечных и вертикальных колебаниях, тягового сопротивления их мы пользовались сравнением значений начальных ординат и угловых коэффициентов, а также сводными графиками следующих зависимостей:

$$y = f(\alpha), y = f(w), z = f(\alpha), z = f(w), P_T = f(\alpha) \text{ и } P_T = f(w).$$

(Y —амплитуда горизонтально-поперечных колебаний, Z —амплитуда вертикальных колебаний).

Определение равномерности распределения минеральных удобрений в почве туковыми сошниками производилось также в зависимости от вышеперечисленных четырех факторов. Однако для оценки качества распределения минерального удобрения в почве туковыми сошниками производилось также построение поля (сфера) распределения минеральных удобрений в почве и на основе этих данных был произведен анализ качества работы туковых сошников. Но для получения полной и исчерпывающей картины геометрической формы распределения минеральных удобрений в почве этого оказалось недостаточным, поэтому и нами была введена величина коэффициента распределения— K_p . Если принять ширину выходящей из под щек сошника туковой струи равной b_1 , то

$K_p = \theta \left(1 + \frac{y}{b_1} \right)$, где y —амплитуда колебаний сошника в

горизонтально-поперечной плоскости, θ —постоянный коэффициент, учитывающий влияние состояния почвы и ее физико-механических свойств. В существующих работах по исследованию рабочих органов туковысевающих машин не имеются соответствующие выражения для определения характера распределения минерального удобрения в почве туковыми сошниками; с этой точки зрения установление выражения K_p коэффициента распределения, учитывающего форму выходящей струи минерального удобрения, кинематику движения туковых сошников в почве и, наконец, влияние состояния и физико-механических свойств почвы, дало нам возможность проведения скрупулезного анализа вопроса распределения минеральных удобрений в почве различными туковыми сошниками.

Значение коэффициента распределения K_p для различных типов исследуемых туковых сошников получались разные и варьировали в пределах 0,9 — K_p 1,4.

Исследование влияния скорости поступательного движения на равномерное распределение минеральных удобрений в почве различными конструкциями исследуемых туковых сошников дало следующие результаты (рис. 5).

Под понятием «концентрация минерального удобрения» мы подразумеваем общее количество внесенного минерального удобрения в весовых единицах (мг) в поперечном сечении размером $b'_1 \cdot h_1$, где b'_1 — поперечная длина (расстояние между шками) и h_1 — глубина внесения минерального удобрения.

Как видно из графика зависимости $Con=f(v)$ при значении скорости поступательного движения $V_1=0.7$ м/сек туковые сошники № 1 и № 3 вносят в почву в данном сечении почти одинаковое количество минерального удобрения (соп-

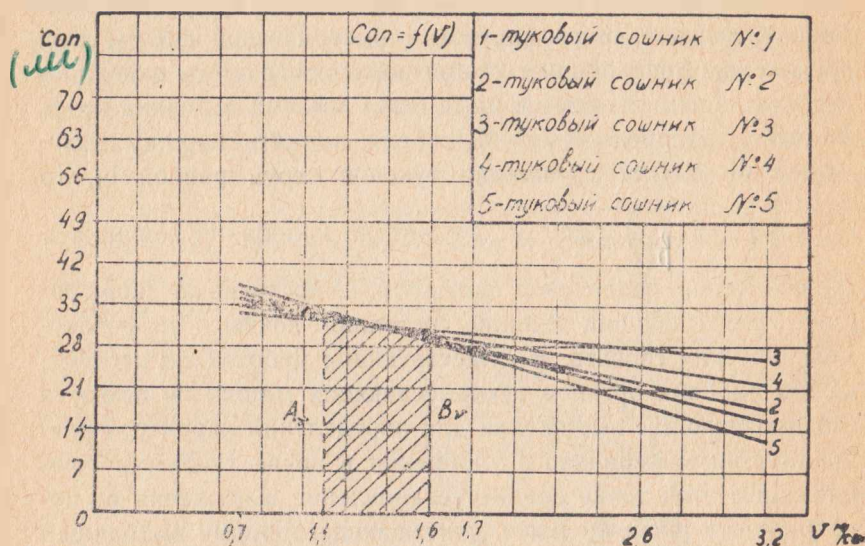


Рис. 4. Зависимость концентрации минеральных удобрений в почве от скорости движения сошников (при $W=20\%$ и норме высева мин. удобрений 300 кг/га)

ответственно 38,5 и 35 мг). Это положение справедливо вплоть до скоростей порядка 1,5–1,7 м/сек (область скоростей, применяемых в сельскохозяйственных работах). Начиная со значений скоростей поступательного движения $V=2,5–2,7$ м/сек, количество минерального удобрения, внесенного туковыми сошниками № 1 и № 3 далеко не одинаково и равно для №1 — 20,3 мг, для №3 — 28,0 мг, тогда приращение концентрации для тукового сошника № 1 $\Delta Con=18,2$ мг, для № 3 — 7,5 мг, и если на один погонный метр при комбинированном севе в

среднем приходится, 3 гр. минерального удобрения, то станет ясно, что в пересчете количества приращения минерального удобрения тукового сошника № 1 на один гектар составит значительную величину, которая не вносится непосредственно под семена высеваемой культуры.

Из исследуемых туковых сошников к туковому сошнику № 3 по результатам экспериментов наиболее близок туковый сошник № 4, ибо последний, как и № 3, имеет наименьшую амплитуду колебаний в горизонтально-поперечной плоскости. Таким образом, можно утверждать, что с увеличением скорости поступательного движения туковых сошников $V > V_p$ (выше рабочих скоростей) количество внесенных минеральных удобрений в весовых единицах в месте прохода в данном сечении $b'_1 \times h_1$ уменьшается.

Как показали экспериментальные исследования в лабораторных условиях (полевые опыты подтвердили это положение) экспериментальный сошник № 3 по качеству производимой работы превосходил остальные туковые сошники. Объясняется это явление изменением некоторых геометрических (основных) параметров и увеличением жесткости поводка сошника (без увеличения веса системы сошника-поводка).

Данные экспериментальных исследований были обработаны методами наименьших квадратов и вариационной статистики.

ВЫВОДЫ

1. Полученное выражение тягового сопротивления движению тукового сошника в почве

$$P = \sqrt{\left[\frac{Q^2(1 + 0,5\text{tg}^2\varphi)}{2q_0 a^2 b} \right] + [C_y + p_y']}$$

в отличие от существующих формул, учитывает влияние смятия почвы, жесткости упругого стержня (поводка сошника) и состояния среды (почвы) и обладает также тем преимуществом, что в ней отсутствуют многочисленные коэффициенты, определение которых связано с большими трудностями.

2. Решение дифференциального уравнения упругого стержня (поводка сошника)

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = -cy - \mu \frac{dy}{dt} + P_y(t)$$

позволило определить влияние жесткости упругого стержня (С) и среды (μ) на колебания тукового сошника в горизонтально-поперечной плоскости.

3. Подбором различных значений жесткости С создается возможность регулирования поля (сферы) распределения минерального удобрения в почве.

4. Наиболее применимой областью скоростей поступательного движения для равномерного распределения минеральных удобрений туковыми сошниками является поминальная область скоростей $A_v V_n$ с нижним пределом $A_v - V_n = 1,1$ м/сек. и с верхним пределом $B_v - V_n = 1,6$ м/сек.

5. Установлено выражение коэффициента распределения минерального удобрения в почве $K_p = \theta \left(1 + \frac{y}{b_1} \right)$ учитывающего кинематику движения тукового сошника в почве, состояние почвы и ее физико-механические свойства.

6. Кинематика движения тукового сошника в почве находится в тесной зависимости от угла наклона местности, скорости поступательного движения, глубины обработки, физико-механических свойств и состояния почвы.

7. С увеличением угла наклона местности, влажности почвы, скорости поступательного движения, глубины обработки, тяговое сопротивление туковых сошников возрастает.

8. С увеличением скорости поступательного движения тукового сошника увеличивается разброс (поле распределения) минерального удобрения в почве, а количество внесенного удобрения в месте прохода сошника в поперечном сечении борозды уменьшается.

9. Из исследуемых сошников наиболее полно отвечает требованиям агротехники экспериментальный туковый сошник № 3 (таблица 1).

По материалам диссертации опубликованы работы:

1. Туковые сошники и их конструкция (на арм. яз.) Известия с/х наук Мин-ва с/х Арм. ССР, № 6, 1966 г.
2. Конструктивные характеристики и основные параметры туковых сошников (на арм. яз.). Известия с/х наук Мин-ва с/х Арм. ССР, № 8—9, 1966 г.
3. Методика определения равномерного высева минерального удобрения туковым сошником и результаты исследования. Армянский институт научно-технической информации, апрель, 1967 г.
4. Вынужденные колебания упругого стержня Армянский институт научно-технической информации, август, 1967 г.