

ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ ЛОБОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ПЕНЫ

Мельник В.И. д.т.н., Лукьяненко А.В. асист., Борох А.В., студ.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка

Решается задача обоснования формы лемехов стрельчатого рабочего органа для внутрипочвенного внесения пены. В соответствии с замыслом, обрушающаяся за рабочим органом почва должна способствовать распределению поступающей в его кинематическую тень пены по всей ширине захвата. Таким образом, из конструкции исключаются какие либо другие, предназначенные для этой цели, специальные устройства в виде козырьков, направляющих и пр.

Актуальность. В настоящее время объемы использования в растениеводстве жидких средств химической защиты растений из года в год увеличиваются. Поясняется это двумя устойчивыми тенденциями: во-первых, состояние почвы повсеместно ухудшается, а во-вторых, население планеты увеличивается. Таким образом, нарастает противоречие между возможностями сельского хозяйства и потребностями человечества в продуктах питания. Это противоречие еще более усугубляется из-за попыток использования земель для выращивания продукции непитевого назначения, например, как сырья для биотоплива. Разрешить обозначенное противоречие возможно за счет интенсивной химизации, однако такой путь влечет за собой обострение экологических проблем.

Таким образом, поскольку от применения химических средств, в частности гербицидов, обойтись не удастся, то необходимо шире использовать наиболее эффективные и наиболее экологически щадящие технологии. К таковым из множества методов химической борьбы с нежелательными растениями (сорняками) следует отнести ленточное внутрипочвенное внесение жидких гербицидов.

Состояние вопроса. Из литературы [1] известно, что на сегодняшний момент ленточное внутрипочвенное внесение жидких гербицидов осуществляется путем их распыления в кинематической тени специальных рабочих органов (РО), которые двигаясь под слоем почвы, создают в ней полость необходимой формы и размеров. Такой метод эффективен, но не безупречен. Проблема состоит в низкой надежности технологического процесса распыления жидкости внутрипочвенными распылителями, которые часто засоряются и, как следствие, требуют постоянного контроля, регулярной очистки и частой замены.

Проблему можно решить, если использовать технологию внутрипочвенного внесения гербицидов в составе пены. В таком случае

процедура распыления малых количеств жидкости переносится во внешнее закрытое устройство (пеногенератор), а рабочее вещество подается в полость в почве через канал значительного сечения, который в принципе не может засоряться. Далее остается лишь распределить пену по ширине захвата РО. Решая такую задачу авторами было предложено в конструкции стрельчатого РО использовать сводообразующую часть специальной формы [2], на нижней поверхности которой имеются специальные ребра, которые предназначены для перемещения пены из центра в стороны.

Целью исследований является дальнейшее совершенствование конструкции РО для ленточного внутрпочвенного внесения гербицидов в составе пены, которое предполагает исключение из его конструкции развитой сводообразующей части и направляющих на ней. В таком случае для качественного осуществления технологического процесса внесения без пропусков и огрехов необходимо, чтобы обрушение почвы за РО способствовало распределению пены по ширине обрабатываемой полосы. Достичь это можно за счет специальной формы лемехов стрельчатого РО.

Постановка задачи. В работе [1] рассматривается ряд конструкций РО для внутрпочвенного ленточного внесения жидкостей в растениеводстве. Все они предусматривают использование стрельчатых лап в качестве основы РО. В процессе их движения под слоем почвы создается полость, в которую инъецируется жидкость. Чтобы оценить размеры этого пространства и его форму используется модель двугранного клина α (рис. 1) [1, 3]. Его собственная высота h , глубину хода H , а скорость движения v_0 . Угол трения почвы о металл, равно как и состояние самой почвы, считаем фиксированными.

В процессе движения клина под слоем почвы, вследствие их взаимодействия, за клином образуется свободное пространство (СП), не содержащее падающих почвенных отдельностей. Ограничивается СП динамической граничной поверхностью (ДГП), за которой следует переходная область (ПО). За ПО располагается сплошной почвенный поток (СПП), нижней границей которого также является своя ДГП. Концентрация отдельно падающих почвенных частиц в ПО изменяется от нулевого значения до 100% по мере удаления от СП и приближения к СПП. В содержащей вектор v_0 плоскости вертикального сечения двугранного клина указанные области разграничиваются кривыми $LMNP$ (рис. 1) и LBC (рис. 1А) или LC (рис. 1В и 1С). Тут $LMNP$ — динамическая граница, т.е. линия сечения ДГП СПП, а LBC или LC — линия сечения ДГП между ПО и СП. Поверхность скалывания (в том же вертикальном сечении — линия AK) или опережающая трещина ориентирована известным образом [4]. Линия AK ограничивает область разрушения почвы клином.

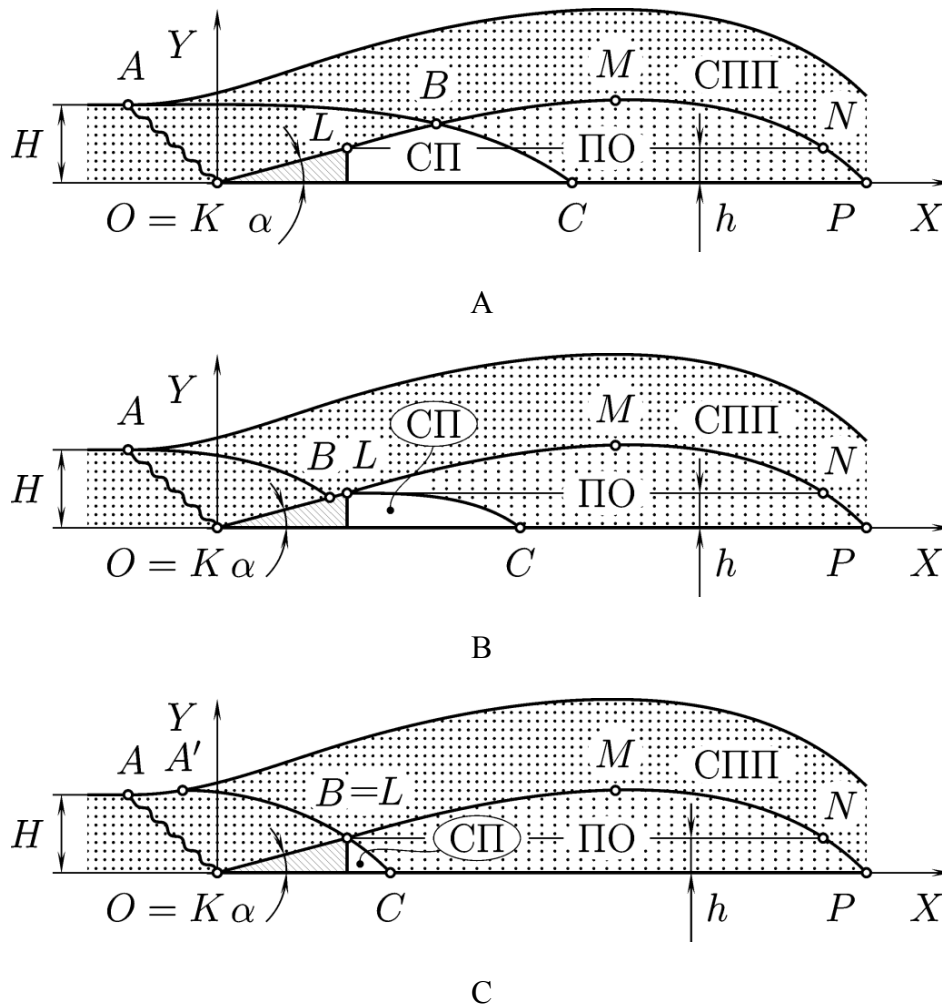


Рис. 1 – Схема вариантов траекторий движения свободно падающих частиц почвы, взаимодействовавших с двухгранным клином:

А – частица лобовой поверхности клина не задевает; В – частица задевает лобовую поверхность клина и при этом изменяет свою скорость по модулю и направлению; С – частица проходит лобовую поверхность клина с касанием без изменения скорости свободного падения

В работах [1, 3] особое внимание уделено определению границы между СП и ПО. Дело в том, что для качественного распределения жидкости под слоем почвы путем распыления необходимо, чтобы факел распыла полностью располагался в СП и не задевал ПО. С этой целью в [1, 3] изучаются различные схемы движения свободно падающих частиц. Три таких варианта, когда частица лобовой поверхности клина не задевает (А), когда частица задевает лобовую поверхность клина и при этом изменяет свою скорость по модулю и направлению (В) и когда частица проходит лобовую поверхность клина с касанием без изменения скорости свободного падения (С), иллюстрирует рис. 1.

В текущем случае предполагается внутрпочвенное внесение химических средств защиты растений в составе пены. При этом может быть задействованы две области в кинематической тени двугранного клина СП и ПО, а также объем подлемешного пространства.

Подвод пены должен осуществляться по каналу, расположенному в

кинематической тени стойки в плоскости симметрии РО. В таком случае для равномерного распределения пены по ширине захвата необходимо, чтобы обрушающаяся почва вначале заполняла осевую часть полости, а уже затем — периферийную. Так будет достигаться перемещение пены в стороны от места ее выхода. Чем больше отставание по обрушению почвы в периферийных частях полости, тем выше транспортирующий эффект. Избыточности такого эффекта бояться не следует. Лишняя пена будет снова перераспределена путем выдавливания, но уже в направлении хода РО в незанятый объем.

Уже глядя на стрелчатый РО можно предположить, что обрушающаяся за ним почва в процессе свободного падения опускается на плоскость резания именно по требуемому закону. Противоречит такому предположению только тот факт, что обычно стрелчатые РО имеют переменную высоту, которая убывает по мере удаления от плоскости их симметрии. Из этого выходит, что контактирующая с центральной частью РО почва, подымается выше, а, значит, летит дальше и, следовательно, обрушается на плоскость резания позже, чем почва, поднятая периферийными частями РО. Т.е. вполне может быть, что стрелчатый РО не обеспечит требуемого закона обрушения почвы на плоскость резания и, тем самым, не обеспечит перемещение пены от оси полосы захвата к ее периферии. Ответить на этот вопрос можно и необходимо, прежде всего, теоретическим путем.

Результаты. Рассматривая кинематику образования полости в почве условимся исходить из того, что частица, столкнувшись с лобовой поверхностью KL двугранного клина и пройдя по ней, совсем не теряет горизонтальной составляющей своей относительной скорости, которая остается равной $v_x = v_0$. Вертикальную составляющую скорости частицы можно определить применив условие безотрывности ее скольжения по лобовой поверхности

$$v_y = v_0 \operatorname{tg} \alpha. \quad (1)$$

При этом следует понимать, что в общем случае лобовая поверхность РО (линия KL) не является прямой, а поэтому угол α по мере продвижения KL монотонно изменяется в пределах

$$\alpha \in [\alpha_k, \alpha_l], \quad \alpha_k \geq \alpha_l, \quad (2)$$

где: α_k - угол между горизонтальной линией и касательной к линии KL лобовой поверхности РО в точке K , α_l — тот же угол в точке L отрыва частицы от лобовой поверхности.

С учетом приведенных допущений и выражений (1), (2) в момент отрыва частицы почвы от лобовой поверхности РО в точке L с координатами (x_l, y_l) ее горизонтальная v_{xl} и вертикальная v_{yl} составляющие скорости будут равны

$$v_{xl} = v_0, \quad v_{yl} = v_0 \operatorname{tg} \alpha_l. \quad (3)$$

Используя известную теорию [5] запишем уравнение траектории свободного полета частиц почвы (линии $LMNP$)

$$y = y_1 + (x - x_1) \operatorname{tg} \alpha_1 - \frac{g(x - x_1)^2}{2v_0^2}, \quad (4)$$

и уравнение для вычисления максимальной дальности их полета (абсцисс x_p точки P)

$$x_p = x_l + \frac{v_0^2}{g} \operatorname{tg} \alpha_1 + \frac{v_0}{g} \sqrt{v_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_1 + 2gy_l}. \quad (5)$$

Вывод уравнения лобовой поверхности лемехов стрелчатого РО. На рис. 2 с использованием правой трехмерной декартовой системы координат $OXYZ$ представлена схема левого лемеха РО в состоянии движения под слоем почвы. Система координат $OXYZ$ расположена и сориентирована таким образом, что плоскости OXZ и OXY совпадают, соответственно, с плоскостями резания и симметрии РО, а ось абсцисс параллельна вектору v_0 относительной скорости РО и совпадает с ним по направлению. Носок лемеха (точка K_1) лежит на оси OZ и отстоит от начала координат (длина отрезка OK_1) на величину b половины толщины стойки, которая на рисунке не показана. Тут же в кинематической тени стойки располагается канал для подвода рабочего вещества в виде пены (на рисунке также не показан). Место ее вытока находится ниже уровня лобовой поверхности $K_1K_2K_3K_4L_4L_3L_2L_1$ лемехов лапы. Таким образом, в процессе рабочего хода РО пена изначально располагается вдоль оси OX , а обрушающаяся за лемехом почва должна способствовать ее перемещению по плоскости резания OXZ в направлении оси OZ .

Форма и размеры представленного на рис. 2 лемеха в точности соответствуют конструкции, разработанной ранее и представленной в работе [1]. Получена она экспериментальным путем.

После оцифровки лобовой поверхности лемеха $K_1K_2K_3K_4L_4L_3L_2L_1$ установлено, что она является фрагментом поверхности параболического цилиндра, образующей которого K_2L_1 является квадратичная парабола, а прямолинейная направляющая ориентирована по нормали к образующей и совпадает с режущей кромкой лемеха K_1K_4 .

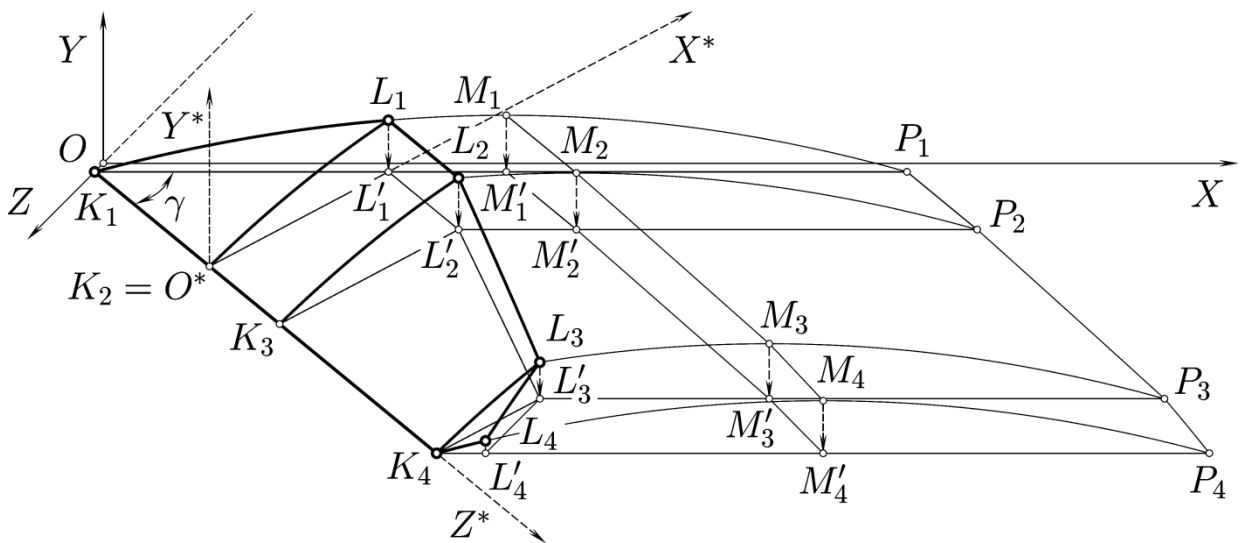


Рис. 2 – Схема левого лемеха рабочего органа в состоянии движения под слоем почвы

Линии $L_iM_iP_i$, где $i = (1, 2, 3, 5)$, являются траекториями свободного полета частиц почвы, сходящих с поверхности лемеха. Их форма определяется уравнениями (4) и на рис. 1 им соответствуют кривые $LMNP$. Кусочно-сочлененная линия $M_1M_2M_3M_4$ определяет геометрическое место максимумов на этих траекториях, а $P_1P_2P_3P_4$ — начало области обрушения поднятой в полет почвы на плоскость резания. Абсциссы точек P_i определяются выражением (5). Точки L'_i и M'_i являются проекциями на плоскость резания уже известных точек L_i и M_i . Для нас важно определиться с положением кусочно-сочлененной линии $P_1P_2P_3P_4$ фронта обрушения. В идеале, каждый из ее участков должен образовывать острый угол γ_1, γ_2 и γ_3 с осью OX (рис. 3). Исключение в виду малости может составлять только отрезок P_3P_4 .

Рис. 3 является производным от рис. 2 и представляет собой вертикальную проекцию лемеха и формообразующих линий верхней границы полости в почве, которую создает лемех в процессе движения.

Рассмотрим новую правую декартову систему координат $O^*X^*Y^*Z^*$ с точкой привязки O^* , совпадающей с точкой K_2 , которая в общем случае может располагаться в любом месте на режущей кромке K_1K_4 лемеха. Ориентация осей системы $O^*X^*Y^*Z^*$ понятна из рис. 2 и 3. В этой системе цилиндрическая лобовая поверхность левого лемеха определяется уравнением образующей O^*L_1

$$y^* = a_2x^{*2} + a_1a^* + a_0, \quad (6)$$

где: $a_0 = 0,0$; $a_1 = 0,498009$; $a_2 = -0,003299$.

Эта же поверхность определяется также уравнением направляющей прямой K_1K_4 в старой системе координат

$$z = tg\gamma x + b, \quad (7)$$

где: b — смещение лемеха относительно плоскости симметрии PO , которое равно половине толщины стойки, измеренной на уровне крепления лемехов.

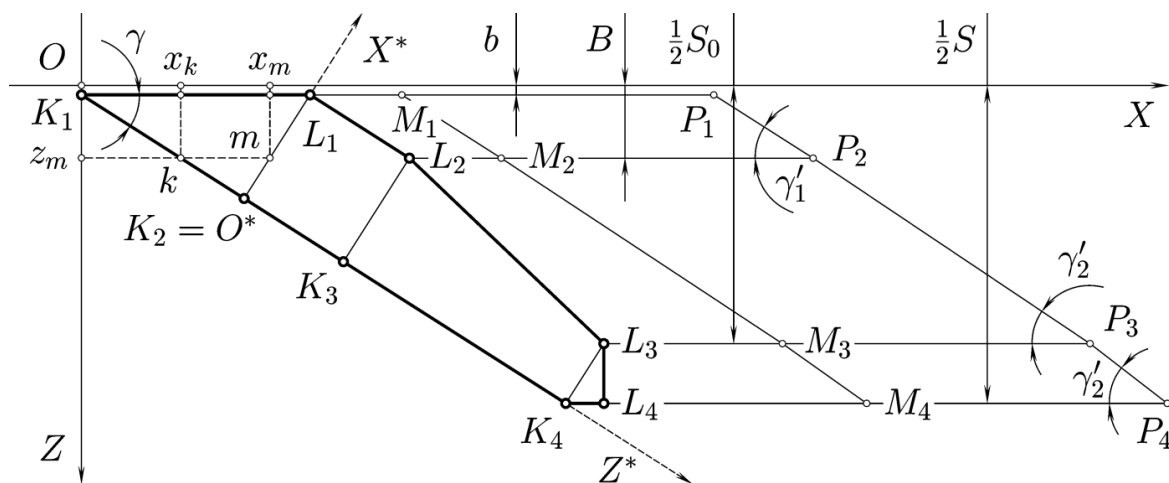


Рис. 3 – Вертикальная проекция лемеха и формообразующих линий полости, которая образуется в кинематической тени лемеха в процессе его движения

Избавимся от новых координат x^*, y^* в выражении (6) с тем, чтобы

получить уравнение лобовой поверхности лемеха в старых координатах x , y и z . Для этого рассмотрим произвольную точку m , которая располагается на искомой поверхности и для которой $z^* = 0$. Ее ордината $y_m = y_m^*$ и, следовательно, можно записать, что

$$y = a_2 x^{*2} + a_1 x^* + a_0. \quad (8)$$

Кроме того абсциссу x_m точки m можно определить так

$$x_m = \frac{x_m^*}{\sin\gamma} + \frac{x_m^* - b}{\tan\gamma}. \quad (9)$$

Решив (9) относительно x^* получаем

$$x_m^* = x_m \sin\gamma + (b - z_m) \cos\gamma. \quad (10)$$

Отбросив индексы m в выражении (10) и выполнив подстановку в (8) получаем искомое уравнение поверхности лемеха, выраженное через три старые координаты

$$y = a_2 [x \sin\gamma + (b - z) \cos\gamma]^2 + a_1 [x \sin\gamma + (b - z) \cos\gamma] + a_0. \quad (11)$$

Определение значений γ_1 , γ_2 и γ_3 угла между линией фронта обрушения $P_1P_2P_3P_4$ и направлением движения РО. На рис. 3 представлен ряд конструктивных параметров РО [1]: половина угла раствора лемехов $\gamma = 32,5^\circ$; половина толщины стойки (смещение лемехов относительно плоскости симметрии лапы) — $b = 4,0$ мм; половина ширины той части лапы, где ее высота h достигает максимума в 17 мм и остается постоянной (аппликата точки L_1) — $B = 28,0$ мм; ширина захвата рабочей части лапы — $S_0 = 220,0$ мм; общая ширина захвата лапы $S = 270,0$ мм. Все эти параметры получены экспериментальным путем [1] и далее нам предстоит проверить, удовлетворяют ли они текущей задаче.

Поскольку поверхность (11) лемеха $K_1K_2K_3K_4L_4L_3L_2L_1$ цилиндрическая с образующей (6) и направляющей K_1K_4 (7), а отрезок L_1L_2 верхнего обреза лемеха параллелен направляющей, то

$$\gamma_1 = \gamma. \quad (12)$$

Искомые углы γ_2 и γ_3 можно определить через координаты x_{pi} и z_{pi} , ($i = 2, 3, 4$) точек P_i по формуле

$$\gamma_2 = \arctg \frac{z_{p3} - z_{p2}}{x_{p3} - x_{p2}}, \quad \gamma_3 = \arctg \frac{z_{p4} - z_{p3}}{x_{p4} - x_{p3}}, \quad (13)$$

где: x_{pi} , ($i = 2, 3, 4$) предполагается вычислять по формуле (5) введя замену

$$x_p = x_{pi}, \quad x_l = x_{li}, \quad y_1 = y_{li}, \quad \operatorname{tg} \alpha_l = \operatorname{tg} \alpha_{li}, \quad (i = 2, 3, 4), \quad (14)$$

а для этого, в свою очередь, необходимо знать три координаты x_{li} , y_{li} и z_{li} , ($i = 2, 3, 4$) точек заднего обреза лемеха L_i и тангенсы углов α_i схода частиц с его лобовой поверхности, которые находим дифференцированием (11)

$$\operatorname{tg} \alpha_{li} = \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{(x=x_{li}; z=z_{li})} = \{2a_2 [x_{li} \sin\gamma + (b - z_{li}) \cos\gamma] + a_1\} \sin\gamma, \quad (i=2, 3, 4). \quad (15)$$

Аппликаты z_{li} и z_{pi} , ($i = 2, 3, 4$) известны по условию

$$z_{12} = z_{p2} = B, z_{i3} = z_{p3} = \frac{1}{2}S_0, z_{l1} = z_{p4} = \frac{1}{2}S, \quad (16)$$

и показаны на рис. 3.

Далее сосредоточимся на определении x_{12} , y_{12} и $\text{tg}\alpha_{12}$. Непосредственно из (11), исходя из условия $y = y_{12} = h$, при котором

$$a_2[x \sin\gamma + (b - z)\cos\gamma]^2 + a_1[x \sin\gamma + (b - z)\cos\gamma] + a_0 - h = 0, \quad (17)$$

в итоге получаем

$$z = x \text{tg}\gamma + b + \frac{a_1 \mp Q}{2a_2 \cos\gamma}, \quad Q = \sqrt{a_1^2 - 4a_2(a_0 - h)}. \quad (18)$$

Если принять во внимание, что $a_0 = 0,0$; $a_1 = 0,498009$; $a_2 = -0,003299$, то можно утверждать, что в (18) следует использовать верхний знак. Решив (18) относительно x и выполнив подстановку $z_{l2} = B$ (15) находим

$$x_{12} = \frac{B-b}{\text{tg}\gamma} + \frac{Q-a_1}{2a_2 \sin\gamma}. \quad (19)$$

Координаты точки L_3 определим из условия что, во-первых, $z_{l3} = \frac{1}{2}S_0$ (16), а во-вторых, линия L_3K_4 перпендикулярна к отрезку K_1K_4 прямой, из уравнения $z = \text{tg}\gamma x + b$ (7) которой следует, что при

$$z = z_{k4} = \frac{1}{2}S, \quad (20)$$

абсцисса x_{k4} конечной точки K_4 режущей кромки равна

$$x_{k4} = \frac{S-2b}{2 \text{tg}\gamma}. \quad (21)$$

Далее, имея ввиду уравнение (7) и условие перпендикулярности K_1K_4 к L_3K_4 , записываем уравнение прямой, проходящей через L_3K_4

$$z = \text{tg}\left(\frac{1}{2}\pi + \gamma\right)(x - x_{k4}) + z_{k4}. \quad (22)$$

Теперь, принимая во внимание координаты x_{k4} (21) и z_{k4} (20), а также аппликату $z = z_{l3} = \frac{1}{2}S_0$ (16), решив уравнение (22) относительно $x = x_{l3}$ получаем

$$x_{l3} = \Delta_s \sin\gamma + \frac{S-2b}{2 \text{tg}\gamma}, \quad \Delta_s = \frac{S-S_0}{2 \cos\gamma}. \quad (23)$$

Ординату y_{l3} определяем из (11) подстановкой значений x_{l3} (23) и x_{l3} (16)

$$y_{l3} = a_2 \Delta_s^2 + a_1 \Delta_s + a_0. \quad (24)$$

В таком случае, последовательно выполнив подстановку в уравнение (15) координат x_{l2} (19), z_{l2} (16), а затем x_{l3} (23), z_{l3} (16), находим тангенсы угла схода частиц $\text{tg}\alpha_{l2}$ и $\text{tg}\alpha_{l3}$ для точек L_2 и L_3

$$\text{tg}\alpha_{l2} = Q \sin\gamma, \quad (25)$$

$$\text{tg}\alpha_{l3} = (2a_2 \Delta_s + a_1) \sin\gamma. \quad (26)$$

В отношении координат точки L_4 , в силу перпендикулярности K_4L_4 к L_3L_4 можно утверждать, что

$$x_{l4}=x_{l3}, \quad z_{l4}=z_{k4}. \quad (27)$$

В таком случае учитывая (27), (23), (21) в начале из уравнения (11) получаем

$$y_{14} = (a_2\Delta_s \sin^2\gamma + a_1)\Delta_a \sin^2\gamma + a_0, \quad (28)$$

а затем, используя (20) из (15) находим

$$\operatorname{tg}\alpha_{l4} = (2a_2\Delta_s \sin^2\gamma + a_1)\sin\gamma. \quad (29)$$

На этом определение координат точек L_i , ($i = 2, 3, 4$) заканчивается.

Переходим к определению разностей абсцисс ($x_{p3} - x_{p2}$) и ($x_{p4} - x_{p3}$) точек P_i , ($i = 2, 3, 4$). Для этого последовательно воспользуемся выражением (5) выполнив подстановку x_l , y_l и $\operatorname{tg}\alpha_l$ (14).

С учетом выражений для x_{l2} (19), x_{l3} (23), $y_{l2}=h$, y_{l3} (24) и $\operatorname{tg}\alpha_{l2}$ (25), $\operatorname{tg}\alpha_{l3}$ (26), после ряда формальных преобразований окончательно получаем

$$\begin{aligned} (x_{p3} - x_{p2}) = & \left[\Delta_s + \frac{v_0^2}{g} (2a_2\Delta_s + a_1 - Q) \right] \sin\gamma + \frac{s-2B}{2\operatorname{tg}\gamma} - \frac{Q-a_1}{2a_2\sin\gamma} + \\ & \frac{v_0}{g} \left\{ \sqrt{v_0^2(2a_2\Delta_s + a_1)^2 \sin^2\gamma + 2g(a_2\Delta_s^2 + a_1\Delta_s + a_0)} - \sqrt{v_0^2 Q^2 \sin^2\gamma + 2gh} \right\}. \end{aligned} \quad (30)$$

Далее повторяя предыдущие действия, но с учетом выражений для x_{l3} (23), $x_{l4} = x_{l3}$ (рис. 3), y_{l3} (24), y_{l4} (28) и $\operatorname{tg}\alpha_{l3}$ (26), $\operatorname{tg}\alpha_{l4}$ (29), также получаем

$$\begin{aligned} (x_{p4} - x_{p3}) = & -2a_2\Delta_s \frac{v_0^2}{g} \cos^2\gamma \sin\gamma + \\ & \frac{v_0}{g} \sqrt{v_0^2(2a_2\Delta_s \sin^2\gamma + a_1)^2 \sin^2\gamma + 2g[(a_2\Delta_s \sin^2\gamma + a_1)\Delta_s \sin^2\gamma + a_0]} - \\ & \frac{v_0}{g} \sqrt{v_0^2(2a_2\Delta_s + a_1)^2 \sin^2\gamma + 2g(a_2\Delta_s^2 + a_1\Delta_s + a_0)}. \end{aligned} \quad (31)$$

Разности аппликат ($z_{p3}-z_{p2}$) и ($z_{p4}-z_{p3}$) точек P_i , ($i = 2, 3, 4$) находим используя выражения для z_{pi} (16)

$$(z_{p3} - z_{p2}) = \frac{s_0-2B}{2}, \quad (z_{p4} - z_{p3}) = \frac{s-s_0}{2}. \quad (32)$$

Теперь с учетом последних выражений ((30)-(32)) углы γ_2 , γ_3 (13) считаем определенными. На рис. 4 представлены соответствующие графики, из которых видно, что для агротехнически обусловленного интервала скорости движения РО $v_0 \in \{1,0; 5,0\}$ м/с углы γ_2 , γ_3 остаются острыми, а значит, полностью удовлетворяют условиям решаемой задачи.

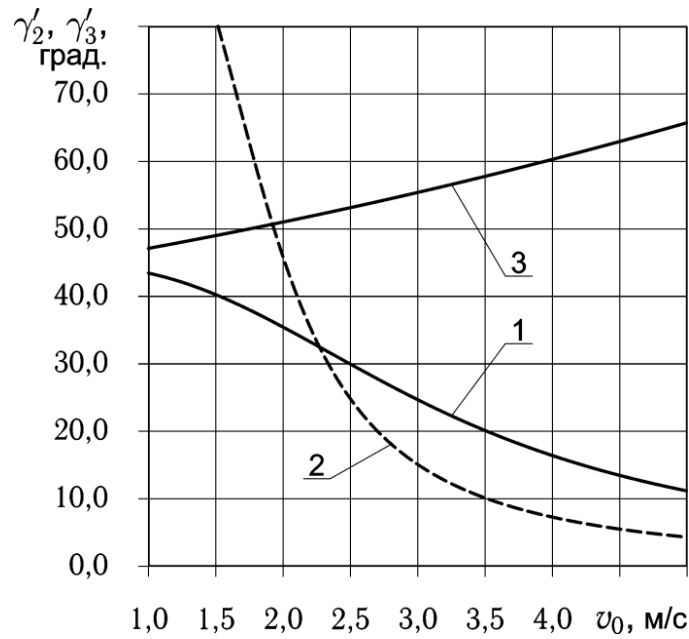


Рис. 4 – Зависимость величины углов γ_2 (кривые 1, 3), γ_3 (кривая 2) от скорости движения v_0 рабочего органа, когда разности абсцисс $x_{p3} - x_{p2}$ и $x_{p4} - x_{p3}$ вычисляются по формулам (30) и (31) (кривые 1, 2), а также по формуле (кривая 3)

Чтобы усилить достоверность приведенного выше вывода далее рассмотрим самый неблагоприятный вариант развития ситуации в области взаимодействия РО с почвой, который реализуется, если в момент схода частиц почвы с лемехов РО вертикальная составляющая их скорости будет равна нулю, т.е. когда

$$\operatorname{tg} a_{ii} = 0, (i = 2, 3, 4). \quad (33)$$

В таком случае дальность полета почвенных частиц, наряду со скоростью отрыва равной v_0 , будет определяться только высотой отрыва y_{li} , ($i = 2, 3, 4$), а та, в свою очередь, тем меньше, чем больше i . Можно ожидать, что значения углов γ_2, γ_3 (13) увеличатся и приблизятся к прямому углу, или даже превысят его. Транспортирующий эффект, способствующий перемещению пены из места вытока на периферию полосы обработки при этом уменьшится.

Чтобы проверить эту гипотезу следует пересчитать значения углов γ_2, γ_3 (13) повторив выше приведенные выкладки с учетом ограничения (33). В итоге получаем

$$(x_{p3} - x_{p2}) = \Delta_s \sin \gamma + \frac{S-2B}{2 \operatorname{tg} \gamma} - \frac{Q-a_1}{2a_2 \sin \gamma} + v_0 \sqrt{\frac{2}{g}} (\sqrt{a_2 \Delta_s^2 + a_1 \Delta_s + a_0} - \sqrt{h}), \quad (34)$$

$$(x_{p4} - x_{p3}) = v_0 \sqrt{\frac{2}{g}} (\sqrt{(a_2 \Delta_s \sin^2 \gamma + a_1) \Delta_s \sin^2 \gamma + a_0} - \sqrt{a_2 \Delta_s^2 + a_1 \Delta_s + a_0}) \quad (35)$$

Теперь с учетом выражений (34), (35) углы γ_2, γ_3 (13) переопределены под условие (33). Расчеты (рис. 4) показывают, что угол γ_3 теперь не попадает в интервал до 90 градусов, в то время, как γ_2 остается острым. Поскольку отрезок P_3P_4 линии фронта обрушения почвы на плоскость резания приходится на периферийную часть полосы обработки, то с таким результатом можно

согласиться. Основную функцию по перераспределению пены выполняет участок P_2P_3 фронта обрушения. В реальности, рабочие значения угла γ' укладываются в интервал между кривыми 1 и 3 на рис. 4.

Вывод. Предложенный стрелчатый РО, в конструкции которого нет специальных устройств, предназначенных для распределения пены по ширине обрабатываемой полосы, способен выполнять такие функции, за счет использования обрушающейся за ним почвы. Такая конструкция, проще и надежнее, чем аналогичная, но с развитой сводообразующей частью [2].

Список использованных источников

1. Мельник В.И. Внутрипочвенное внесение жидкостей в растениеводстве [монография] / В.И. Мельник. — Харьков: "Міськдрук", 2010. — 439 с.
2. Спосіб підповерхневого внесення засобів хімізації у ґрунт [Текст]: пат. 47751 Україна: МПК6 А 01 С 23/00, А 01 М 7/00 / Мельник В.И., Лук'яненко О.В., заявник і патентовласник Харків, нац. техн. ун-тет сільськ. госп. — № 200908160; заявл. 03.08.09; опубл. 25.02.10. Бюл. № 4. -4 с.
3. Мельник В.И. Рабочий орган для внутрипочвенного внесения гербицидов [Текст] / В.И. Мельник / Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1994. — №3. — 15 с.
4. Сабликов М.В. Сельскохозяйственные машины [Текст]: учеб. пособие / М.В. Сабликов. — М.: Колос, 1968. — 296 с.
5. Хайкин С.Э. Физические основы механики [Текст] / С.Э. Хайкин. — М.: Наука, 1971. — 752 с.

Анотація

ОБҐРУНТУВАННЯ ФОРМИ ЛОВОВОЇ ПОВЕРХНІ РОБОЧОГО ОРґАНУ ДЛЯ ПІДПОВЕРХНЕВОГО ВНЕСЕННЯ ПІНИ

Мельник В.І., Лук'яненко О.В., Борох А.В.

Вирішується задача обґрунтування форми лемешів стрілкового робочого органу для підповерхневого внесення піни. Відповідно до задуму, ґрунт, що обвалюється за робочим органом, повинен сприяти розподілу піни, яка надходить в його кінематичну тінь по всій ширині захоплення. Таким чином, з конструкції виключаються будь-які інші, призначені для цієї мети, спеціальні пристрої у вигляді козирків, напрямних та ін

Abstract

RATIONALE FOR THE FORM OF WORKING FRONTAL SURFACE OF THE SOIL INSIDE THE BODY FOR MAKING FOAM

V. Melnik, A. Lukyanenko, A. Borocho

Solve the problem of justification forms plowshares lancet for intra-agency working to make the foam. In accordance with the plan, the breaking of the working

body of the soil should facilitate the distribution of its coming into the kinematic shadow of foam across the width. Thus, from the design which are excluded or the other, intended for this purpose, a special device in the form of canopies, rails, etc