

Б. П. Шаймарданов¹, А. И. Филиппов², П. Т. Бердимуратов¹, Д. Рузиев¹, В. В. Голдыбан³

¹НИУ «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»
г. Ташкент, Узбекистан

E-mail: b_parakhat@mail.ru, shaymardanovvb@mail.ru

²УО «Гродненский государственный аграрный университет»

г. Гродно, Республика Беларусь

E-mail: kafmehan@mail.ru

³РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

ФОРМИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРЕБНЯ ДЛЯ УКЛАДКИ ШЛАНГА КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И ПОСЕВА СЕМЯН

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования по формированию и обоснованию параметров гребня для укладки шланга капельного орошения и посева семян. Изучены особенности агрометеорологических условий Узбекистана в период весеннего сева. С учетом изменчивости погоды – осадков, температуры атмосферного воздуха и почвы – обоснованы параметры размеров гребня. Предложена конструкция машины для предпосевного полосового фрезерования почвы, формирования гребня, укладки шланга капельного орошения, уплотнения почвы, обеспечивающей физико-механический состав почвы гребня и возможности посева семян. Разработана конструкция фрезерной машины для полосовой обработки с формированием гребня заданной формы, состава и параметров, уплотнителя гребня по требуемой плотности почвы. Обоснованы основные параметры формирователя гребня.

Ключевые слова: почва, осадки, температура, гребень, фрезерная машина, укладка, капельный шланг, посев.

B. P. Shaimardanov¹, A. I. Filippov², P. T. Berdimuratov¹, D. Ruziev¹, V. V. Goldyban³

¹NRU “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”
Tashkent, Uzbekistan

E-mail: b_parakhat@mail.ru, shaymardanovvb@mail.ru,

²EI “Grodno State Agrarian University”

Grodno, Republic of Belarus

E-mail: kafmehan@mail.ru

³RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

FORMATION AND JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE COMB FOR LAYING THE DRIP IRRIGATION HOSE AND SOWING SEEDS

Abstract. The article presents the results of a study on the formation and justification of the parameters of a comb for laying a drip irrigation hose and sowing seeds. The features of the agrometeorological conditions of Uzbekistan during spring sowing are studied. Based on the variability of weather – precipitation, atmospheric air temperature and soil, the parameters of the ridge size are justified. A machine design has been proposed for pre-sowing strip milling of the soil, formation of a ridge, laying of a drip irrigation hose, compaction of the soil, ensuring the physical and mechanical composition of the soil of the ridge and the possibility of sowing seeds. The design of a milling machine for strip processing with the formation of a ridge of a given shape, composition and parameters, a ridge sealer according to the required soil density has been developed. The main parameters of the comb shaper are substantiated.

Keywords: soil, sediment, temperature, ridge, milling machine, laying, drip hose, sowing.

Особенности агрометеорологических условий Узбекистана в период весеннего сева. Были собраны материалы Узгидрометцентра с 25 марта по 25 апреля за последние годы по температуре воздуха, почвы и выпадению осадков в Ташкентской и Андижанской областях.

Очень важным фактором здесь является количество атмосферных осадков и их интенсивность в период посева, так как от этого зависит появление над семенным ложем почвенной корки, что приводит к пересеву.

Из материалов Узгидрометцентра видно (рис. 1), что наибольшее количество осадков (91,1–153,7 мм) и их интенсивность (13–21 мм/день) приходились на период 2010–2012 гг. Известно, что в результате высокой интенсивности и большого количества осадков семенное ложе затапливается дождевыми потоками, что способствует образованию почвенной корки и соответственно ухудшению развития всходов.

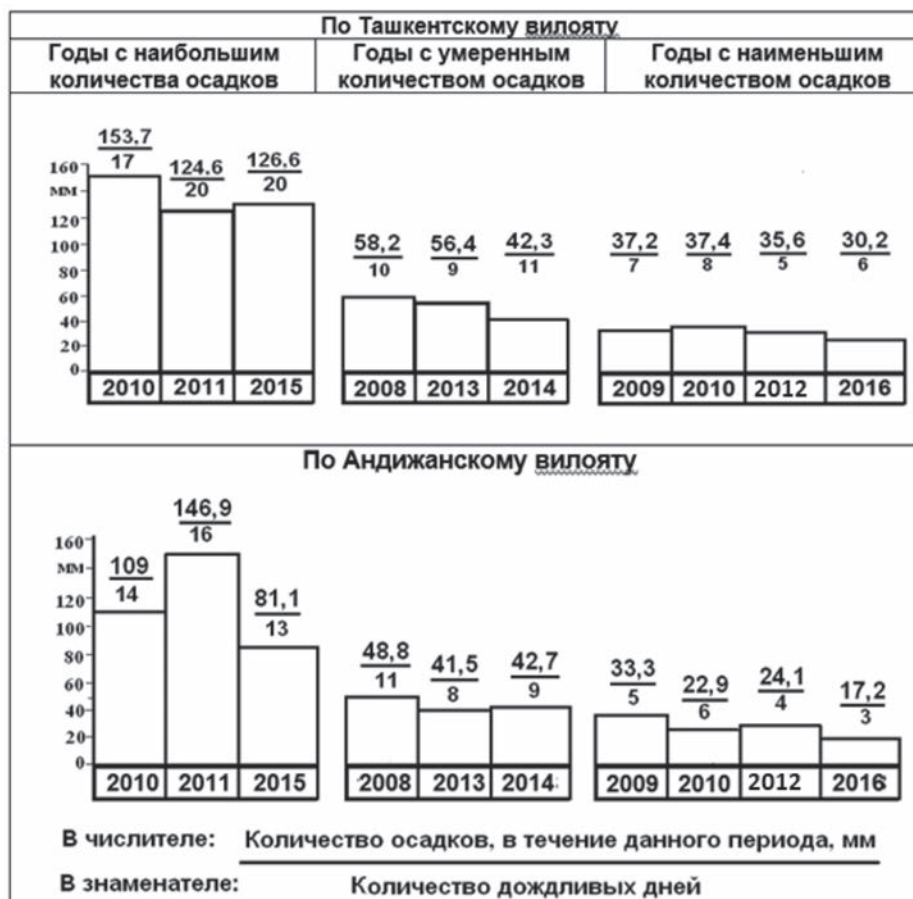


Рис.1. Атмосферные осадки и их интенсивность в период посева хлопчатника за 10 лет (с 25 марта по 25 апреля) по данным Узгидромета

Из рис. 2 видно, что из-за образования почвенной корки 4 на поле 2 над семенным ложем 3 после осадков происходит гибель семян.

Для защиты посевов от дождевых потоков, исключения переосевов, соответственно, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур в последние годы в Республике Узбекистан начали применять посевы на гребнях, нарезанных осенью. Однако для проведения посева по этой технологии необходимо осенью на поле нарезать гребни, а перед севом подготовить вершину гребня к проведению данной операции, на что требуется не менее двух отдельных агрегатов, что увеличивает эксплуатационные и трудовые затраты в 3–3,5 раза. Помимо этого, в рассмотренный отрезок времени имелись годы с небольшим количеством атмосферных осадков (17,2–37,4 мм) и их интенсивностью (4–8 дней). Такого количества осадков недостаточно для нормального развития всходов. Для устранения этого обстоятельства необходимо провести подпитывающие поливы небольшой нормой с помощью капельного орошения.

Отсюда следует, что для устранения излишка влаги или ее недостаточности лучше всего проводить посевы хлопчатника на гребнях, сформированных одновременно с укладкой шланга ка-

пельного орошения (рис. 3), что позволит с меньшими затратами и в сжатые сроки устранить влияние атмосферных осадков на всходы ростков и защитить их от дождевых потоков, а при необходимости провести подпитывающие поливы.

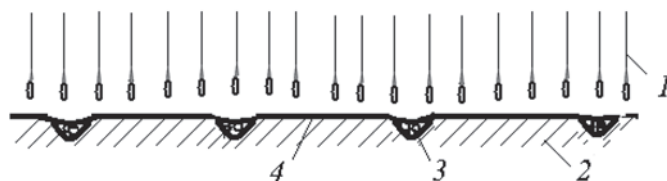


Рис. 2. Посев по гладкому полю (традиционный способ посева)

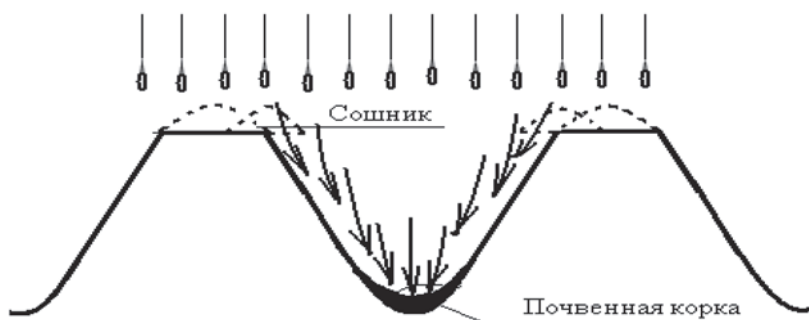


Рис. 3. Схема образования почвенной корки на боках гребней при посеве хлопчатника по гребням

Вторым важным для появления всходов фактором является температура почвы и воздуха. Так при температуре почвы 10–12 °С начинается пробуждение жизнедеятельности семян хлопчатника, при 13–14 °С зародыш трогается в рост, при 14–16 °С начинается прорастание семян, а при 17–18 °С обеспечивается появление всходов на поверхности почвы. При этом разница между дневной и ночной температурой колеблется от 9 до 16 °С, в ночные часы перепад температуры между смежными календарными днями составляет всего 2–4 °С, в то время как в дневные часы она колеблется от 3 до 6 °С.

В благоприятном для хлопководства 2005 г. минимальная температура воздуха в ночное время составляла от 7 до 14 °С, а в тот же период в неблагоприятном 2003 г. колебалась от 1 до 9 °С, то есть была ниже на 5–6 °С, а в дневные часы в 2005 г. она колебалась от 15 до 19 °С, то есть была выше температуры 2003 г. на 3–6 °С (рис.4).

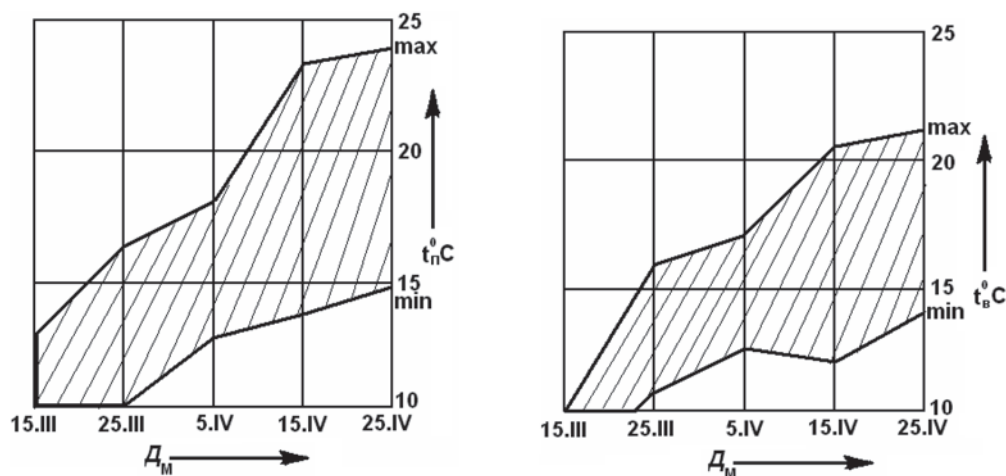


Рис. 4. Среднесуточные показатели температуры воздуха ($t_{\text{в}}$) и поверхности почвы ($t_{\text{п}}$) с 15 марта по 25 апреля (D_{M}) за 10 последних лет

Из этого следует, что повышение температуры воздуха и соответственно температуры почвы позволяет провести посев в ранние сроки, что способствует получению здоровых всходов растений. Результаты экспериментальных исследований показывают, что при гребневом посеве на почвенных слоях корневой системы растений температура увеличивается. Это объясняется различием теплоёмкости различных тел, например, теплоёмкость воздуха равна 1,0, а для воды она равна 4,19. Движущей силой считается теплота тела, определяемая по формуле:

$$Q = M \cdot c \cdot t, \text{ кДж}$$

где Q – количества тепла в корневой системе, кДж; M – масса тела, кг; c – теплоёмкость тела, кДж/кг °С; для воздуха $c_{\text{возд}} = 1$ кДж/кг °С; для воды $c_{\text{вода}} = 4,19$ кДж/кг °С; t – температура почвы, °С.

Для ликвидации вредного влияния рискованных погодных условий на посевы хлопчатника в первую очередь необходимо устранить попадание дождевого потока в семенное ложе. При этой технологии семена хлопчатника будут заделываться в более влажную и прогретую почву, чем при посеве на выровненной поверхности. Это даст возможность улучшить качество всходов и развитие растений и тем самым увеличить общий урожай сельскохозяйственных культур и сдвинуть сроки посева на 3–4 дня.

Поставленная задача – разработка фрезерной машины для полосовой обработки с формированием гребня заданной формы, состава почвы и параметров, уплотнителя гребней по заданной плотности почвы.

Разработана комбинированная машина для предпосевного полосного фрезерования почвы с одновременной укладкой шлангов капельного полива и возможностью посева семян (рис. 5). Машина состоит из двух частей: фрезы – формирователя гребня и сеялки.

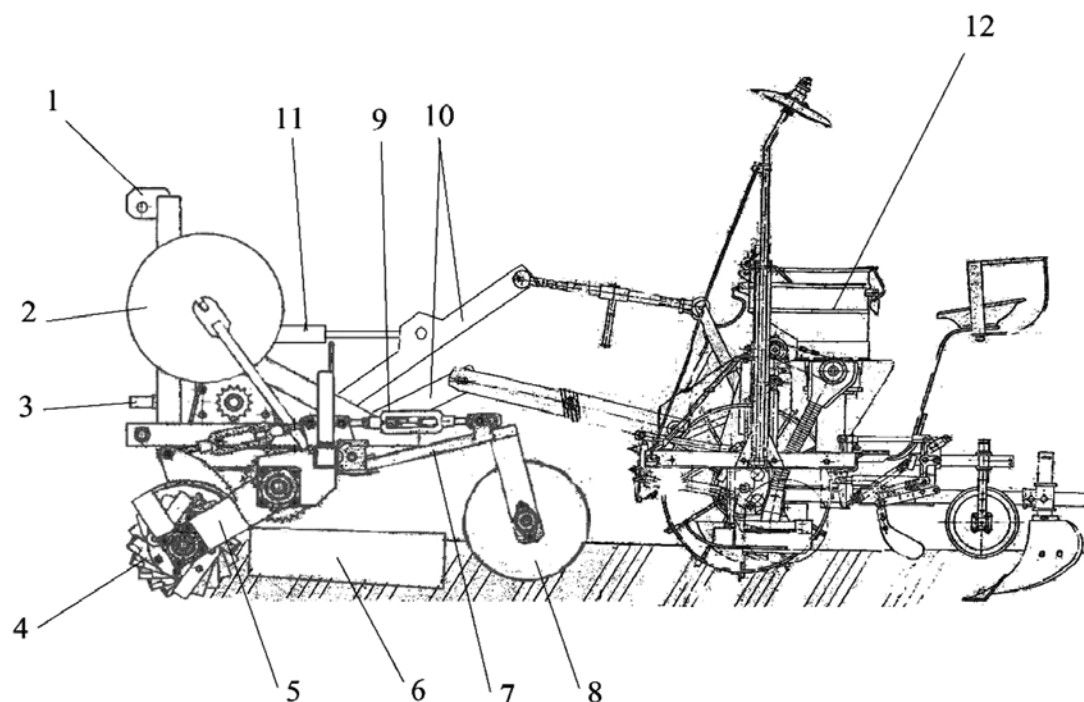


Рис. 5. Комбинированная машина для предпосевного полосного фрезерования с одновременной укладкой шлангов капельного полива и возможностью посева: 1 – рама фрезы; 2 – бобина для шлангов капельного орошения; 3 – вал редуктора привода фрезы; 4 – ножевой барабан фрезы; 5 – кронштейн ножевого барабана; 6 – фартук гребнеобразователя; 7 – кронштейн гребне-уплотнительного катка; 8 – гребне-уплотнительный каток; 9 – талреп регулировки уплотнительного катка; 10 – навесное устройство для сеялки; 11 – гидроцилиндр навесного устройства для сеялки; 12 – сеялка

Машина работает следующим образом. В период подготовки к посеву семян вместо боронования и выравнивания почвы проводится фрезерование почвы с одновременным формированием

гребня заданной формы и укладкой шлангов капельного орошения. Затем почва уплотняется до требуемой плотности.

При фрезеровании деформируются корки почвы и смешиваются её влажные и сухие составляющие, тем самым обеспечивается однородность механического состава и влажность. В годы недостаточности влаги в почве сразу после посева проводится впитывающий полив с помощью капельного орошения.

Обоснование формы профиля и параметров гребня. Во многих районах республики одним из основных требований к параметрам гребня является возможность защитить семенное ложе от его затопления дождевыми потоками и, следовательно, от коркообразования. При работе фрезы образуются гребни, стенки которых осыпаются под углом естественного откоса β . При этом угол естественного откоса сероземных почв, подготовленных к проведению сева, при насыпании с увеличением влажности почвы от 7 до 18 % увеличивается от 32 до 41°. Следовательно, при отсыпке почвы на поле образуются гребни, по форме напоминающие равнобедренный треугольник. Однако для работы рабочих органов сеялок на вершине такого гребня необходимо иметь площадку шириной 160–170 мм. Для этого проводится уплотнение вершины гребня уплотнителем до формы трапеции по продольному сечению, следовательно, в результате такой гребень перед посевом превращается в равнобедренную трапецию (рис. 6). Такую форму принимаем за основу для проведения последующих расчетов.

Для определения минимально допустимых параметров сформированных во время посева гребней исходим из того, чтобы их не заливали дождевые потоки. Такие параметры гребня будут приемлемы для сероземных почв в зоне старого орошения нашей республики, где поля имеют достаточный уклон и плодородный слой почвы.

К основным параметрам гребня относятся ширина нижнего основания $b_{от}$, ширина вершины b_z , угол наклона ее стенки к горизонту β и высота гребня H .

Из рис.6 видно, что для обеспечения защиты семенного ложа площадь поперечного сечения бороздки междурядья S_{CDKM} должна быть больше площади поперечного сечения осадков в междурядья за сутки ($Q_c B_M$). По данным Узгидрометцентра за десять последних лет в апреле по Ташкентской области максимально за сутки выпадало до 34 мм осадков.

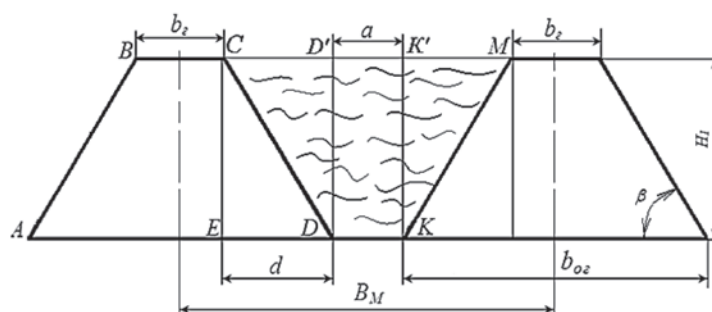


Рис. 6. Схема к определению параметров гребня

Для определения параметров гребня примем, что выпавшие осадки должны помещаться в бороздку междурядья, т.е. в пространство между соседними гребнями. Отсюда

$$B_M \cdot Q_c = S_{CDKM}, \quad (1)$$

где Q_c – количество осадков, выпавших за сутки, мм.

Из рис. 6 имеем:

$$S_{CDKM} = S_{CDD'} + S_{D'K'KD} + S_{K'MK}, \quad (2)$$

где $S_{CDD'}$, $S_{D'K'KD}$ и $S_{K'MK}$ – соответственно площади треугольников CDD' , $K'MK$ и прямоугольника $D'K'KD$.

Из рис. 6 имеем

$$S_{CDD'} = S_{K'MK} = \frac{1}{2}dH_1 = \frac{H_1^2}{2}ctg\beta; \quad (3)$$

$$S_{D'K'KD} = aH_1, \quad (4)$$

где H_1 – минимально допустимая высота гребня; β – угол естественного откоса почвы; a – ширина дна бороздки.

Ширина дна бороздки a равна

$$a = B_M - b_z - 2H_1ctg\beta, \quad (5)$$

где b_z – ширина вершины гребня.

Подставив значение a в (4) имеем

$$S_{D'K'KD} = (B_M - b_z - 2H_1ctg\beta)H_1. \quad (6)$$

Подставив значения (3) и (6) сначала в (2), а затем полученный результат в формулу (1), получим

$$B_M Q_c = H_1(B_M - b_z) - H_1^2ctg\beta. \quad (7)$$

Сделав преобразование этой формулы, получим следующее уравнение:

$$H^2 - (B_M - b_z)H_1tg\beta + B_M Q_c tg\beta = 0. \quad (8)$$

Решив уравнение (8), получим следующую зависимость для определения минимально допустимой высоты гребня

$$H_1 = 0,5 \left[(B_M - b_z)tg\beta - \sqrt{[(B_M - b_z)tg\beta]^2 - 4Q_c B_M tg\beta} \right]. \quad (9)$$

При нарезке гребня его боковые стенки осыпаются под углом естественного откоса β . При этом влажность почвы, подготовленной к нарезке гребня, обычно колеблется от 12 до 14 %, а в зависимости от этого угол естественного откоса β меняется от 32 до 41°. Исходя из этого минимальная расчетная высота гребня H , как видно из формулы (9), практически очень мало зависит от величины угла естественного откоса β , а также от величины размера вершины гребня b_z и в основном определяется количеством осадков, выпавших за сутки Q_c .

Приняв $Q_c = 34$ мм, $b_z = 160$ мм, $h = 36$ мм и $\beta = 36^\circ$ и по формулам (9) получим, что при $B_M = 900$ мм высота гребня $H_1 = 45,1$ мм, а при $B_M = 600$ мм высота гребня $H_1 = 56,2$ мм.

Как известно, под воздействием осадков гребень оседает. При этом, как показали исследования, коэффициент, учитывающий усадку почвы, в зависимости от высоты гребня составляет $K_y = 0,85-0,90$. Фактическая минимальная допустимая высота гребня также зависит от величины высоты неровностей поверхности поля h , которая в среднем равна 30–40 мм. С учетом этого фактическая минимальная высота гребня H_1 с целью защиты её вершины от дождевого потока должна быть равна:

$$H_1 = \frac{1}{2K_y} \left[(B_M - b_z)tg\beta - \sqrt{[(B_M - b_z)tg\beta]^2 - 4Q_c B_M tg\beta} \right] + h. \quad (10)$$

С учетом этой формулы и вышеприведенных данных, при $B_M = 900$ мм

$$H_1 = \frac{45,1}{0,9} + 36 = 86,1 \text{ мм},$$

при $B_M = 600$ мм

$$H_1 = \frac{53,3}{0,9} + 36 = 98,6 \text{ мм}.$$

Из этих данных следует: чтобы дождевая вода не заливала вершину гребня, его высота должна быть практически не менее 100 мм. При этом ширина нижнего основания гребня составит

$$b_{oz} = 2H_1 \operatorname{ctg} \beta + b_z. \quad (11)$$

Площадь поперечного сечения такой бороздки

$$S_z = (B_M - b_{oz})H_1 + H_1^2 \operatorname{ctg} \beta. \quad (12)$$

Подставив в эти выражения вышеприведенные полученные значения H_1 , β , b_z , B_M , получим $b_{oz} = 435,28$ мм и $S_z = 306$ см² при $B_M = 900$ мм и 204 см² при $B_M = 600$ мм.

Таким образом проведенные расчеты показывают, что для устранения попадания дождевого потока в семенное ложе необходимо: минимально допустимая высота гребня H_1 должна быть не менее 100 мм; минимально допустимая ширина вершины гребня b_z с точки зрения устойчивой работы высевающих устройств должна быть не менее 160 мм; допустимая ширина нижнего основания гребня b_{oz} должна быть не менее 435 мм; допустимая площадь поперечного сечения бороздки S_z должна быть не менее 306 см² при $B_M = 900$ мм и 204 см² при $B_M = 600$ мм.

Обоснование основных параметров формирователя гребня. Основными параметрами формировщика являются ширина входной и выходной кромки полоза формировщика, угол установки боковых отвалов к направлению движения α и к горизонтальной плоскости β_y , длина полоза L , длина бокового отвала L_{bo} .

При работе боковые отвалы формировщика, воздействуя на почву, производят деформацию почвы (рис. 7). При этом частицы почвы перемещаются по боковому направлению вверх.

Оптимальный угол установки α (рис. 7) боковых отвалов АВ и CD к направлению движения определим из условия обеспечения свободного скольжения почвы по отвалам, т. е.

$$\alpha \leq \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}, \quad (13)$$

где φ – максимальный угол трения почвы по отвалу.

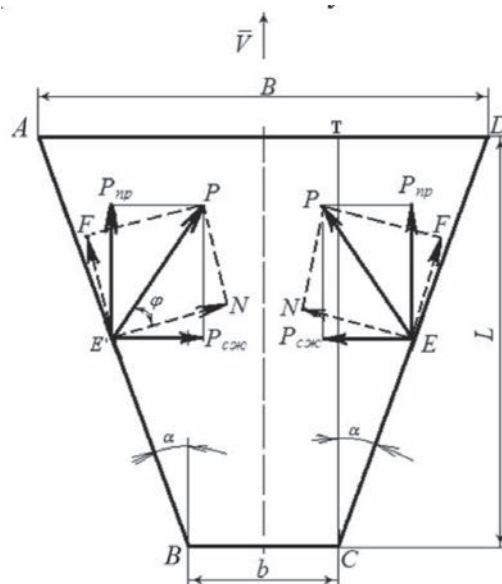


Рис. 7. Схема к определению угла установки боковых отвалов к направлению движения

Подставляя в (12) известное значение $\varphi = 30^\circ$, получим $\alpha \leq 30^\circ$. На основе исследований по выбору параметров уплотнителей принимаем $\alpha = 14-16^\circ$. При $\alpha = 14-16^\circ$ происходит скольжение почвы по боковым отвалам формировщика и уплотнение почвы, достаточное для образования устойчивого гребня.

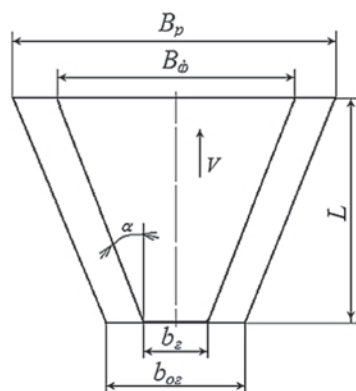


Рис. 8. Схема к определению длины формовщика (L)

Из рис. 8 имеем

$$L = \frac{1}{2}(B_p - b_{oz}) \operatorname{ctg} \alpha \quad (14)$$

и

$$B = 2L \operatorname{tg} \alpha + b_z. \quad (15)$$

Подставив в (14) и (15) значения B_p , b_{oz} и α , получим, что длина формовщика должна быть в пределах $L = 183\text{--}238,9$ мм, а ширина входного фартука формовщика $B = 292\text{--}334$ мм.

Угол наклона боковой грани гребня (β_y) (рис. 9) зависит от его уплотнения. Если угол естественного откоса почвы на боковой грани в зависимости от влажности колеблется от 32° до 41° , с его уплотнением угол β_y может быть увеличен до $42\text{--}45^\circ$.

В результате изучения способа формирования площадки для работы рабочих органов посевных машин было выявлено, что необходимо произвести уплотнение боковой грани гребня с целью устранения его осыпания. Для этого необходимо было выполнить следующее условие, чтобы угол откоса β_y к плоскости поля был не более

$$\beta_y \leq \beta + \varphi, \quad (16)$$

где φ – угол внутреннего трения почвы; β – угол естественного откоса почвы.

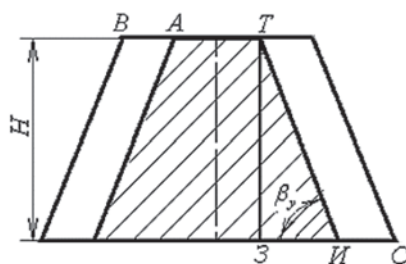


Рис. 9. Схема к обоснованию угла установки боковых отвалов к горизонту

Исходя из этого, с целью устранения осыпания боковых граней гребня необходимо располагать боковые отвалы формовщика под углом $\beta_y = 42\text{--}45^\circ$ к горизонтальной плоскости поля.

При работе козырек фартука формовщика воздействия на почву производит деформацию почвы. Угол установки α_1 козырька фартука определим из условия обеспечения скольжения почвы по нему, т. е.

$$\alpha \leq \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}. \quad (17)$$

Подставляя в это выражение известное значение $\varphi = 25\text{--}30^\circ$, получим $\alpha_1 = 30\text{--}34^\circ$.

Высоту отвала h принимаем равной минимально допустимой высоте гребня H_1 , т.е. $h = 100$ мм.

При этих параметрах боковых отвалов формовщика на поле осуществляется формирование гребня высотой не менее 100 мм и плотностью $1,0\text{--}1,2$ г/см³.

Расположение поливного шланга на гребне. Поливной шланг укладывается на гребень водовыпусками над поверхностью почвы и прикрывается слоем почвы, угол отклонения от оси водовыпуска к поверхности почвы не должен превышать 15° . Расположение поливного шланга показано на рисунке 10, где схематически представлено сечение грядки 1, поливной шланг 2, водовыпуск 3, след 5 от уплотнительного катка сеялки, слой почвы 6 для прикрытия шланга от солнечной радиации, контур 7 зоны увлажнения, корневая система 8 растения, угол α отклонения оси водовыпуска к поверхности почвы.

Поливной шланг раскладывают в поле вдоль рядков растений на гребень по следу заделывающей трубы, установленной за формирователем гребня.

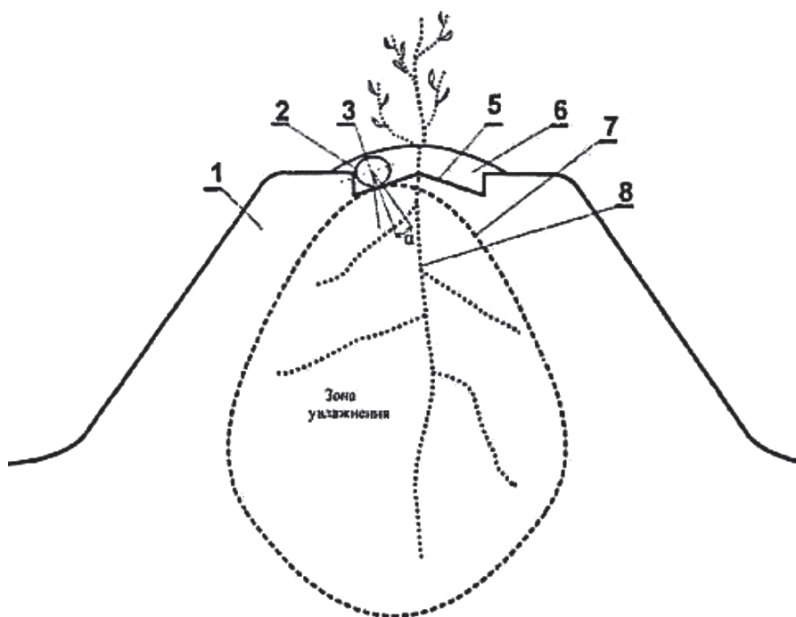


Рис. 10. Схема укладки поливного шланга на гребне

Выводы

1. На основе анализа погодных условий в период подготовки и посева семян установили, что минимально допустимая высота гребня H_1 должна быть не менее 100 мм; минимально допустимая ширина вершины гребня b_r с точки зрения устойчивой работы высевальных устройств должна быть не менее 160 мм; допустимая ширина нижнего основания гребня $b_{ог}$ должна быть не менее 435 мм.

2. На основе графического анализа определены параметры формирователя: длина формовщика должна быть в пределах $L = 183\text{--}238,9$ мм, а ширина входного фартука формовщика $B = 292\text{--}334$ мм, угол установки боковых отвалов $\beta_y = 42\text{--}45^\circ$, высота отвала h равна минимально допустимой высоте гребня H_1 , т.е. $h = 100$ мм. Плотность почвы в гребне составляет $1,0\text{--}1,2$ г/см³.

3. При таком способе капельного орошения теплосодержание почвы в зоне корневой системы будет почти постоянным в течение суток.

Список использованных источников

1. Материалы Узгидрометцентра о суточном количестве осадков с 25 марта по 25 апреля с 2008–2017 гг. – Письмо № 25-01/532 от 15.09.2017.

2. Traction resistances of the cotton seeder moulder / F. Mamatov [et al.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 868 (2021) 012052. – Publishing doi:10.1088/1755-1315/868/1/012052.
3. Бердимуратов, П. Т. Разработка и обоснование параметров формовщика гребней для хлопковой сеялки : дисс. ... докт. фил. тех. наук. (PhD) / П. Т. Бердимуратов. –Ташкент, 2019.
4. Ахметов, А. А. Тенденция совершенствования конструкции хлопководческих предпосевных почвообрабатывающих машин-орудий / А. А. Ахметов // Ташкент: Ilmiy texnika axboroti – Press nashrioti. – 2017. – С. 139–193.
5. Поливной шланг для капельного орошения и способ его укладки : пат. UZ IAP 06314 / Б. П. Шаймарданов, Х. Б. Шаймарданов, Р. Д. Матчанов. – 2020.
6. Шаймарданов, Б. П. Разработка технологии гребневого выращивания хлопчатника с адресным и равномерным увлажнением корневой системы растения / Б. П. Шаймарданов, К. О. Шавазов, Б. Усмналиев // Irrigtsiya va Melioratsiya. – 2020. – Махсус сон. – С. 27–32.
7. Курдюмов, В. И. Экспериментальное исследование гребневой сеялки, оснащенной комбинированными сошниками / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, И. А. Шаронов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2012. – № 11. – С. 55–60.