



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПО ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЛОЖЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ГИБКИХ ПОЛИВНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Туймуратов Зулпикар Худайкулович,

Доцент Каршинского государственного университета, к.т.н.,

tuymurodovzulpiqor@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты теоретических исследований по обоснованию параметров ложеобразователя для гибких поливных трубопроводов, предотвращающее повреждения трубопровода и повышающее производительность труда на поливе сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: водосберегающие технологии, гибкий поливной трубопровод, дистанционная раскладка трубопровода, ложеобразователь для трубопровода, ограничитель, нож и выравнитель ложеобразователя.

MOSLASHUVCHAN SUG'ORISH QUVURLARI UCHUN YOTOQ HOSIL QILUVCHI QURILMA PARAMETRLARINI ASOSLASHNING NAZARIY SHART-SHAROITLARI

Tuymurodov Zulpiqar Xudayqulovich

Qarshi davlat universiteti dotsenti, texnika fanlari nomzodi (PhD)

tuymurodovzulpiqor@gmail.com

ANNOTATSIYA

Maqolada qishloq xo'jaligi ekinlarini sug'orishda ishlatiladigan egiluvchan quvurlar zararlanishining oldini olish va mehnat unumdorligini oshirishni ta'minlaydigan egiluvchan quvurlar uchun izochgichning parametrlarini asoslash bo'yicha nazariy tadqiqotlar natijalari keltirilgan.

Kalit so'zlar: suvni tejovchi texnologiyalar, egiluvchan sug'orish quvuri, quvurlarni dalaga kirmasdan yoyish, quvur uchun izochgich, izochgichning cheklagichi, pichog'i va tekislagichi.

THEORETICAL PREREQUISITES FOR SUBSTANTIATING THE PARAMETERS OF A BED-FORMING DEVICE FOR FLEXIBLE IRRIGATION PIPELINES

Tuymuradov Zulpiqar Khudaykulovich

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences (PhD), Karshi State University

tuymurodovzulpiqor@gmail.com

ABSTRAKT

The article presents the results of theoretical studies to substantiate the parameters of a bed former for flexible irrigation pipelines, preventing damage to the pipeline and increasing labor productivity in the irrigation of agricultural crops.

Key words: water-saving technologies, flexible irrigation pipeline, remote pipeline layout, bed former for pipeline, limiter, knife and bed former leveler.

ВВЕДЕНИЕ

В целях устойчивого обеспечения сельского хозяйства водой в Узбекистане ведется широкомасштабная работа по применению водосберегающих технологий, сокращению эксплуатационных расходов. Осуществляется это путем развития государственно-частного партнерства в области управления водными ресурсами, внедрению в практику научных инновационных разработок в сфере водного хозяйства [1; 2].

Одним из наиболее совершенных способов поверхностного полива является полив с применением переносных трубопроводов. При замене временной оросительной сети в земляном русле переносными (в том числе гибкими поливными) трубопроводами увеличивается коэффициент земельного использования, уменьшается потери воды на

фильтрацию, повышается производительность труда на поливе [3; 4]. Кроме того, улучшается распределение оросительной воды по бороздам, следовательно повышается урожайность.

Остающийся всё ещё широко распространенным в зоне хлопководства поверхностный способ полива требует больших затрат ручного труда по выращиванию хлопчатника [3; 5]. Полив сопровождается с неравномерным распределением воды по бороздам [6; 7].

Из переносных трубопроводов наиболее широкое применение нашли гибкие поливные трубопроводы. Однако отсутствие высокоэффективных технологий дистанционной раскладки (и сборки) сдерживало их широкое применение. Учитывая это, предложена высокоэффективная технология дистанционной раскладки гибких трубопроводов [8; 9]. В данной работе приводятся теоритические предпосылки по обоснованию параметров ложеобразователя, входящего в эту технологию.

МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА

Схема работы ложеобразователя, входящего в высокоэффективную технологию дистанционной раскладки гибких поливных трубопроводов приведена на рис.1. Он состоит из установленных на единой оси 1 в технологической последовательности конического ограничителя 2, цилиндрического ножа 3 и дискового выравнивателя 4. Ограничитель и выравниватель имеют цилиндрические опорные поверхности. Нож закреплен к оси посредством радиальных перемычек. Ось ложеобразователя снабжена крюками 5, 6 для крепления к тросу 7 и трубопроводу 8.

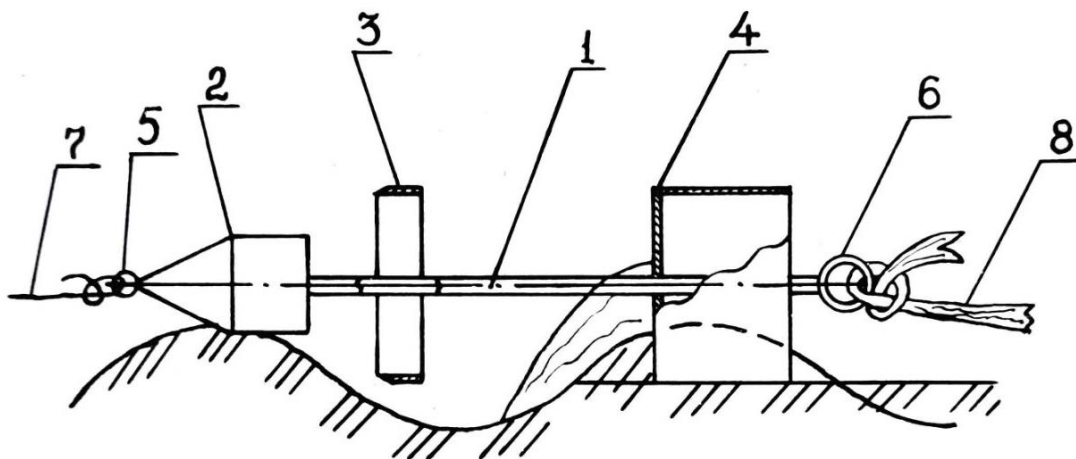


Рис.1. Ложеобразователь для трубопровода

1 - ось; 2 - ограничитель; 3 - нож; 4 - выравниватель; 5,6 - крюки; 7 - трос; 8 - гибкий трубопровод.

При раскладке ложеобразователь движется поперек борозд, снимая почву с вершук гребней и засыпая ею дно борозд. При этом ограничитель перемещается над уровнем гребней, предотвращая чрезмерное заглубление ложеобразователя. Поскольку диаметр ограничителя несколько меньше, чем диаметр последующего за ним ножа, происходит срезание им верхушки и эту срезанную почву при дальнейшем движении ложеобразователя с гребня в борозду перемещает выравниватель, имеющий одинаковый диаметр с ножом. Благодаря наличию цилиндрических опорных поверхностей рабочих органов ложеобразователя обеспечивается его движение поперек борозд без чрезмерных заглублений и выглублений.

Для обоснования параметров ложеобразователя нужно было определить размеры ложа для трубопровода. Ширину ложа - w_l (см.рис.2) можно определить исходя из следующих соображений. Рабочему, осуществляющему укладку трубопровода (расправляя в ленту), трудно следить за тем, чтобы постоянно совпадали оси ленты трубопровода и ложа, так как

трубопровод укладывается над ложей и поэтому она не видна рабочему. Предположим, что максимальное отклонение ленты трубопровода в том случае, когда край трубопровода совпадает с краем ложа (см.рис.2 а), так как при большем чем это отклонении, рабочему не трудно заметить и устранить отклонение. При подаче воды трубопровод постепенно раздувается и уменьшается площадь его опоры к почве. Это приводит к уменьшению устойчивости трубопровода и он может закатиться в ложу в том случае, если $v_{л1} = v_{л2}$ (см.рис.2 а), а если $v_{л1} > v_{л2}$ трубопровод в ложу может не закатиться, так как в этом случае точки опоры трубопровода располагаются за пределы ложа. Таким образом

$$v_{л1} = v_{л2} \geq \frac{B_T}{2}, \quad (1)$$

где - B_T - ширина трубопровода в расправленном виде. Учитывая, что $B_T = \frac{\pi D_T}{2}$, а D_T - диаметр трубопровода равен 300 ... 350 мм, согласно выражению (1) принимаем $v_{л1} = 275$ мм.

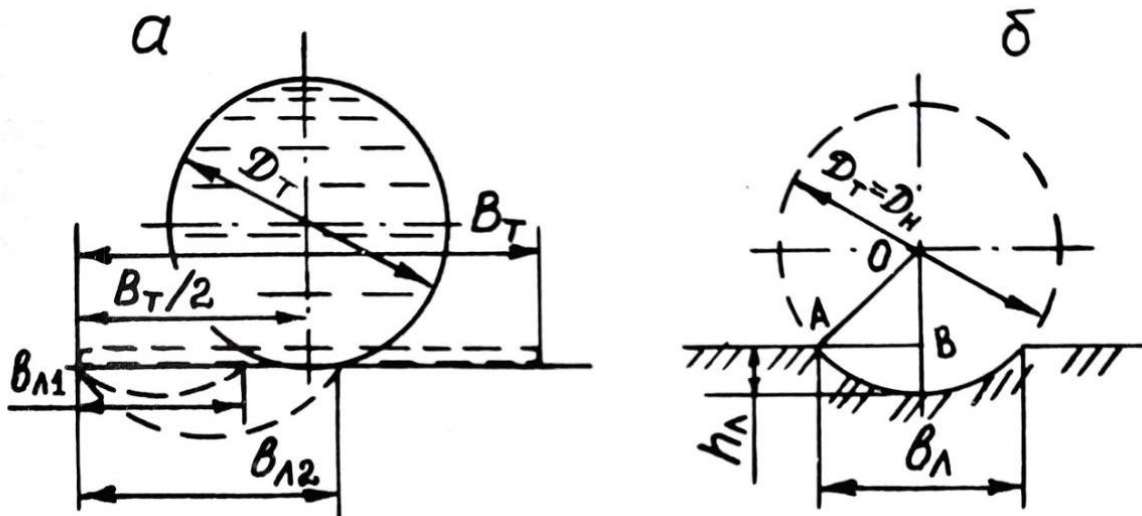


Рис.2. Схема к определению размеров ложа для трубопровода

Ширина ($v_{л}$) и глубина ($h_{л}$) ложа имеют взаимосвязь (см. рис. 2 б). Это можно выразить (пользуясь треугольником АОВ) в следующем виде:

$$\frac{v_{л}}{2} = \sqrt{D_n h_{л} - h_{л}^2}, \quad (2)$$

где - D_n - диаметр цилиндрического ножа ложеобразователя.

Он, следовательно и диаметр выравнителя - D_v (так как $D_n = D_v$), зависит от диаметра трубопровода - D_T , желательно чтобы - $D_n = D_T$. Поэтому учитывая возможность обеспечения минимальной металлоемкости ложеобразователя, принимаем D_n равным 300 мм - нижнему пределу D_T .

Имея численные значения $v_{л}$ и D_n из выражения (2) находим, что $h_{л} = 90$ мм.

Угол конусности ограничителя - α_o (рис.3) определили из условия отсутствия образования уплотненного ядра и залипания его поверхности почвой. Условие работы ограничителя схоже с условием работы полоза, например, хлопковых сеялок.

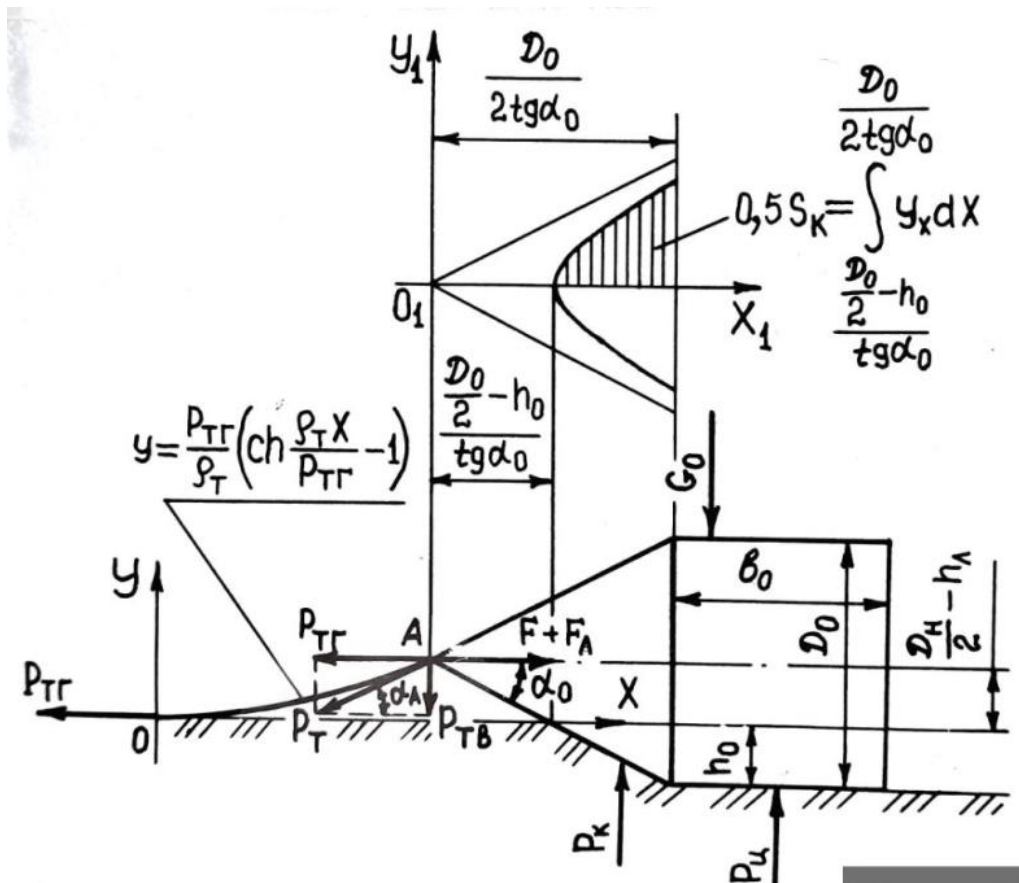


Рис. 3. Схема к определению диаметра ограничителя ложеобразователя

Для определения максимального угла наклона передней части полоза (для ограничителя это угол конусности - α_0) академик Г.М.Рудаков [10] применил неравенство

$$\alpha_0 \leq \left(45^\circ - \frac{\varphi_{\text{п}}}{2}\right) \div \left(45^\circ - \frac{\varphi_{\text{с}}}{2}\right),$$

где $\varphi_{\text{п}}$ - угол трения почвы о почву;

$\varphi_{\text{с}}$ - угол трения почвы о сталь.

Для сухой почвы (как полз, так и ограничитель работает в самом верхнем горизонте почвы) $\varphi_{\text{п}} = 40^\circ$ и $\varphi_{\text{с}} = 28^\circ$ [11], тогда $\alpha_0 \leq 25 \dots 31^\circ$. Условие полного отсутствия образования уплотненного ядра обеспечивается при нижнем пределе угла, поэтому принимаем $\alpha_0 = 25^\circ$.

Для определения диаметра ограничителя - D_0 рассмотрим условия его равновесия в вертикальной плоскости. Из рис. 3 можно установить:

$$G_0 + P_{\text{ТВ}} = P_{\text{ц}} + P_{\text{к}}, \quad (3)$$

где G_0 - часть силы тяжести ложеобразователя, действующая на ограничитель;

$P_{\text{ТВ}}$ - сила прижатия ограничителя к почве натяжением троса;

$P_{\text{ц}}$ и $P_{\text{к}}$ - вертикальная составляющая нормального давления почвы на соответственно цилиндрическую и коническую части ограничителя.

Минимальное значение силы G_0 равно весу самого ограничителя (по экспериментальному образцу 3,5 даН), а максимальное - порядка половине веса всего ложеобразователя (по экспериментальному образцу 6,5 даН), так как при нахождении ножа над бороздой ложеобразователь опирается о почву ограничителем и выравнивателем, каждый из которых принимает на себя около половины веса всего ложеобразователя.

Для определения величины сил $P_{\text{ТВ}}$ провисаемую перед ложеобразователем часть троса рассмотрим как однородную нерастяжимую гибкую нить, которая при провисания принимает форму кривой ценной линии [12]. Учитывая это можно написать

$$y_A = \frac{P_{\text{ТГ}}}{\rho_{\text{Т}}} \left(ch \frac{\rho_{\text{Т}} X_A}{P_{\text{ТГ}}} - 1 \right), \quad (4)$$

где $P_{\text{ТГ}}$ - горизонтальная составляющая натяжения троса - $P_{\text{Т}}$. Она равна по величине, но противоположна по направлению сумме сопротивлений трубопровода (F) и ложеобразователя ($F_{\text{Л}}$) перемещению;

$\rho_{\text{Т}}$ - линейная плотность троса;

y_A и X_A - координаты точки крепления троса и ограничителя (A) в системе XOY (см.рис.

3).

При проведении инженерных расчетов с применением гиперболических функций допускается большая неточность, а для получения точных результатов необходимо провести громоздкие расчеты. Поэтому на практике уравнение цепной линии (4) заменяют параболой [13, 14, 15] путем разложения гиперболического косинуса на ряд Тейлора и удерживания членов ряда до второго подряда. После замены уравнивания (4) параболой вышеуказанным путем оно примет вид

$$y_A = \frac{\rho_{\text{Т}} X_A^2}{2P_{\text{ТГ}}}. \quad (5)$$

Согласно рисунку 2.6

$$P_{\text{ТВ}} = P_{\text{ТГ}} \operatorname{tg} \alpha_A$$

где α_A - угол наклона силы натяжения троса в точке A к оси X . Поскольку

$$P_{\text{ТГ}} = F + F_{\text{Л}}, \quad \operatorname{tg} \alpha_A = \frac{dy}{dx} = \frac{\rho_{\text{Т}} X_A}{P_{\text{ТГ}}} \text{ и согласно выражения (5) и рисунка 2.6.}$$

$$X_A = \sqrt{\frac{2P_{\text{ТГ}} y_A}{\rho_{\text{Т}}}}, \quad y_A = \frac{D_{\text{Н}}}{2} - h_{\text{Л}},$$

то

$$P_{\text{ТВ}} = \sqrt{\rho_{\text{Т}} (F + F_{\text{Л}}) (D_{\text{Н}} - 2h_{\text{Л}})}. \quad (6)$$

Анализ литературных источников по обработке почвы показал, что ограничитель ложеобразователя имеет схожий процесс работы с некоторыми почвообрабатывающими органами, например, как отмечалось ранее, полозом сеялки [145], сошниками [150, 151] и малой выравнителем [152]. Однако, в отличие от них ограничитель имеет коническую, переходящую в цилиндрическую, поверхность контакта с почвой и оставляет за собой цилиндрическую уплотненную ложу. Величины сил $P_{\text{ц}}$ и $P_{\text{к}}$ определим исходя из этих особенностей и из условия равенства вертикальной составляющей нормального давления почвы на поверхность рабочего органа на умножение площади пятна контакта к среднему значению удельного сопротивления почвы вертикальному смятию ($P_{\text{ц}}$). Поэтому

$$P_{\text{ц}} = S_{\text{ц}} p_{\text{у}} = 2P_{\text{у}} v_0 \sqrt{D_0 h_0 - h_0^2}, \quad (7)$$

где $S_{\text{ц}}$ - площадь пятна контакта цилиндрической части ограничителя с почвой;

v_0 - ширина цилиндрической части ограничителя;

h_0 - глубина хода ограничителя.

А для конической части ограничителя:

$$P_{\text{к}} = p_{\text{у}} S_{\text{к}}, \quad (8)$$

где $S_{\text{к}}$ - площадь пятна контакта конической части ограничителя с почвой, которая равна площади сечения конуса с плоскостью поверхности почвы. Ординаты этого сечения в системе координат $Y_1 O_1 X_1$ (см.рис.3) являются уравнением гиперболы, т.е.

$$y = \sqrt{x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_0 - \left(\frac{D_0}{2} - h_0 \right)^2},$$

тогда

$$S_k = 2 \int_{\frac{\frac{D_o}{2} - h_o}{\operatorname{tg} \alpha_o}}^{\frac{D_o}{2 \operatorname{tg} \alpha_o}} \sqrt{x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_o - \left(\frac{D_o}{2} - h_o\right)^2} dx.$$

Решив интеграл и подставив значение S_k в выражение (8) получим:

$$P_k = p_y c t g \alpha_o \left[\frac{D_o}{2} \sqrt{D_o h_o - h_o^2} - \left(\frac{D_o}{2} - h_o\right)^2 \ln \frac{D_o + 2 \sqrt{D_o h_o - h_o^2}}{D_o - 2 h_o} \right]. \quad (9)$$

Это значение P_k включает только статическое сопротивление почвы, а в процессе работы ложеобразователя возникает также динамическое сопротивление почвы, действующее на коническую часть ограничителя. Однако при низких скоростях движения рабочих органов (до 8 ... 9 км/час [153], а ложеобразователь движется со скоростью 0,8 м/с) динамическим сопротивлением почвы можно пренебречь.

Таким образом, выведены формулы (6), (7) и (8) для определения членов уравнения (3) равновесия ограничителя. Неизвестными, входящими в эти формулы являются D_o и h_o . Если учесть, что согласно рисунку 3

$$\frac{D_o}{2} = \frac{D_H}{2} - h_L + h_o,$$

откуда

$$h_o = h_L - \frac{1}{2}(D_H - D_o) \quad (10)$$

то неизвестным остается только D_o , для изучения влияния которого на подъемную силу ограничителя построим графическую зависимость правой части уравнения (3) от D_o . При этом учитывали следующие особенности процесса работы ложеобразователя. Мы рассмотрели процесс взаимодействия ограничителя с гладкой поверхностью почвы, а ложеобразователь будет применяться в основном при раскладке трубопроводов поперек борозд, где ограничитель входит в контакт только с насыпами, образованными на гребнях при нарезке борозд. Поэтому площадь опоры ограничителя уменьшится примерно вдвое, так как поперечное сечение насыпи представляет треугольник, площадь которого в два раза меньше, чем площадь четырехугольника (при гладкой поверхности почвы) с одинаковым основанием. Кроме того, цилиндрическая часть ограничителя не участвует в формировании его следа, а лишь поддерживает ложеобразователь на уровне, обеспечиваемым конической частью ограничителя. Поэтому величину силы $P_{\text{ц}}$ можно принять равной нулю.

Пользуясь литературными источниками и результатами собственных исследований для проведения расчетов приняли следующие значения факторов, входящих в зависимости (6) и (9): $G_o = 6,5 \text{ даН}$; $\rho_T = 0,355 \frac{\text{Н}}{\text{см}}$; $F = 0 \dots 400 \text{ даН}$; $F_L = 22 \text{ даН}$; $D_H = 300 \text{ мм}$; $h_L = 90 \text{ мм}$; $p_y = 2,5 \dots 17,5 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$ [11]; $\alpha_o = 25^\circ$. Результаты расчетов приведены в рис. 4, из которого можно сделать выводы по определению оптимальных значений диаметра ограничителя (D_o), который должен обеспечить равновесия силы подъема ограничителя почвой и силы прижатия его тросом и весом ложеобразователя к почве, при заданной оптимальной глубине хода ложеобразователя. Это условие выполняется при таких значениях D_o , при которых правая часть уравнения (3) уравновешивается с экстремальными значениями его левой части. На графике это точки пересечения кривой $P_o = P_{\text{ц}} + P_k = f(D_o)$ с прямыми $P_o = G_o + P_{\text{тв}}$ при $F = 0$ и при $F = 400 \text{ даН}$. Этим точкам соответствуют значения D_o порядка 160 ... 170 мм. Однако, эти значения следует считать лишь нижними пределами поиска его оптимального значения, так как на практике при воздействии ограничителя и насыпи часть

почвы не сминается, а выжимается за пределы поперечного сечения насыпи. Следовательно, они не участвуют в формировании следа ограничителя, поэтому подъемная сила почвы будет несколько меньше. Это необходимо компенсировать увеличением диаметра ограничителя от найденной 160...170 мм.

Ширину полки ножа - v_n приняли так же как в рабочих органах культиваторов (бритва, стрелчатые лапы, фрезерные ножи и др.) [16; 17] исходя из условия обеспечения необходимой прочности, минимальной металлоемкости и самоочищения равным 70 мм.

Остальные параметры определены исходя из условия предотвращения чрезмерного заглубления и выглубления рабочих органов при движении поперек борозд путем сохранения постоянной горизонтальности положения оси ложеобразователя. Это условие может быть обеспечено в том случае если рабочие органы ложеобразователя не будут копировать поверхность дна борозды, то есть если количество точек опоры ложеобразователя на гребни междурядья не будет менее двух, причем одна из этих точек должна относиться к рабочим органам, расположенным на передней части ложеобразователя (к ограничителю или к ножу), а другая к расположенному на задней его части выравнивателю.

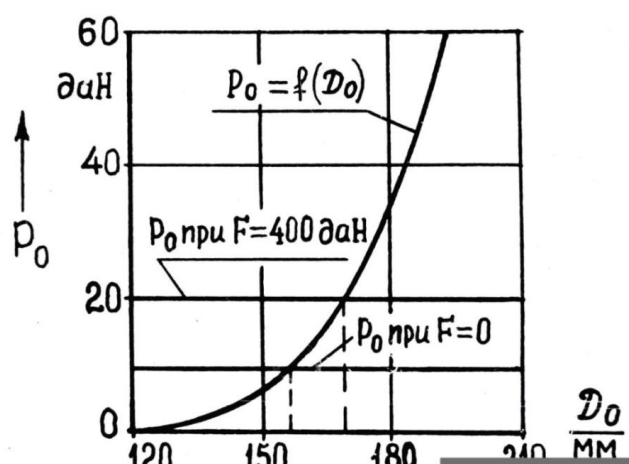


Рис. 4. Сопротивление почвы заглублению в зависимости от диаметра ограничителя

Анализ процесса работы ложеобразователя показал, что его работоспособность зависит от ширины и глубины борозды. Чем шире и глубже борозда, тем уже гребень, следовательно, меньше площадь, на которую опирается ложеобразователь. Самую широкую и глубокую борозду имеет междурядье шириной 90 см, образованное за большим колесом трактора после последней нарезки поливных борозд. Имея профиль междурядья, графоаналитическим методом определили оптимальные величины некоторых параметров ложеобразователя (см. рис. 5). например, ширина выравнивателя - v_e должна быть больше v'_e (рис.5 а), так как в противном случае выравниватель может опуститься вниз - в дно борозды, что приведет к зацеплению выравнивателя за не срезанный ножом слой почвы, связанной с повышением при этом тягового сопротивления ложеобразователя и нарушением горизонтальности положения его оси, следовательно и равномерности глубины хода. Исходя из этого v_e приняли равным 300 мм.

Для того, чтобы не происходило чрезмерное заглубление ножа необходимо предотвратить опускание его в дно борозды. Это обеспечивается при выполнении условия:

$$v_o + l_{он} + v_n \geq l'_{он}, \quad (11)$$

где v_o - ширина цилиндрической части ограничителя (рис. 5. б);

$l_{он}$ - расстояние между ограничителем и ножом;

l''_{OH} - 345 мм - определена графоаналитическим способом с использованием результатов междурядья, при теоретически определенном оптимальном диаметре ограничителя - 170 мм.

В зависимости (11) имеются неизвестных - v_0 и l_{OH} , последний из них может быть определен исходя из условия предотвращения попадания комков большого размера в полость цилиндрического ножа (см.рис. 5 в), что обеспечивается при

$$l''_{OH} \leq \frac{D_H}{2} - \frac{d_{CT}}{2}, \quad (12)$$

где l''_{OH} - расстояние между задней кромкой ограничителя и передней кромкой ножа;
 $d_{CT} \approx 36$ мм - диаметр ступицы ножа.

При выполнении неравенства (12), расположенные в зоне работы ложеобразователя комки, размеры которых больше, чем размер щели полости ножа, или срезаются им, или отодвигается в сторону. Однако, при

$$l''_{OH} \leq \frac{D_H}{2} - \frac{d_{CT}}{2}$$

попусту (в сторону ножа) увеличивается ширина цилиндрической части ограничителя, что приводит к повышению металлоемкости ложеобразователя. Поэтому желательно:

$$l''_{OH} = \frac{D_H}{2} - \frac{d_{CT}}{2}.$$

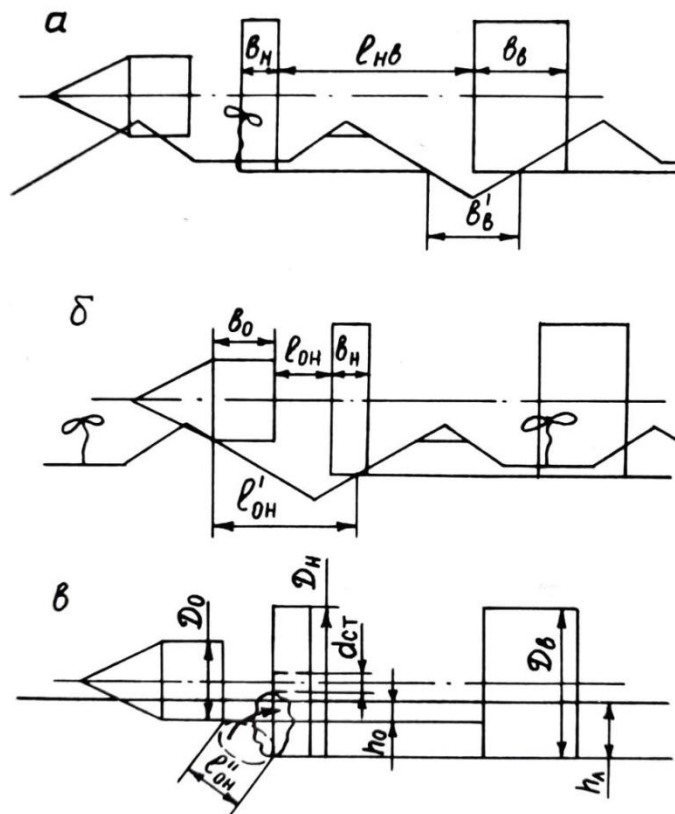


Рис.5. Схемы к определению параметров ложеобразователя

Выразив l''_{OH} через l_{OH} , D_0 и D_H после некоторых преобразований получим

$$l_{OH} = \frac{1}{2} \sqrt{(D_H - d_{CT})^2 - (D_H - D_0)^2}. \quad (13)$$

При определенных ранее значениях D_H , d_{CT} и D_0 соответственно 300 мм, 36 мм и 170 мм находим, что $l_{OH} = 115$ мм. Тогда из выражения (11) находим, что $v_0 = 160$ мм.



Эти значения $l_{\text{он}}$ и v_0 определены при значении $D_0=170$ мм, потому после экспериментального уточнения величины D_0 , следует пересчитать $l_{\text{он}}$ и v_0 согласно зависимостям (11) и (13).

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Применение ложеобразователя с вышеприведенными параметрами предотвращает повреждение растений и скручивания трубопровода в жгут, а следовательно перекрытия его. Если в скрученный трубопровод вода подается из высоконапорной сети (например, насосом при работе поливных машин типа ППА-165), трубопровод разрывается от напора. А при подаче воды из малонапорной сети трубопровод может выдержать, но в этом случае для восстановления рабочего положения трубопровода требуется отсоединение его от водосточника, вручную перекачивать на исходное положение и обкладывать комками или подсыпать почвой, что весьма трудоемко. Кроме того, при укладке трубопровода без ложа он копирует профиль междурядья и повышается гидравлическое сопротивление, что приводит к уменьшению пропускной способности трубопровода, следовательно и производительности полива.

При дистанционной раскладке гибкого трубопровода с применением ложеобразователя максимальное потребляемое усилие на перемещение трубопровода при пересчете на 1 м составило около 6 Н, что обеспечивало дистанционную раскладку трубопровода длиной необходимых нескольких сотен метров без повреждения.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Пастоновление Президента РУз “О повышении эффективности государственного управления в сфере водного хозяйства” от 10.10.2019 г.
2. O`zR Prezidentining “O`zR suv xo`jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo`ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash” to`g`risidagi Farmoni.
3. Туймурадов З.Х. Усовершенствованная технология раскладки и сборки гибких трубопроводов. Монография. Карши. “Фан ва таълим”. 2021.
4. Пензин М.П., Терпигоров А.А. К вопросу обоснования способа регулирования поливных струй при поливе по бороздам.-В кн.: Новое в технике и технологии полива. М., 1977. с. 9...17 (Труды/ВНИИГИМ вып.10).
5. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника.-М.: Колос,1978.-176 с.
6. Tuymuradov Z.X. Improving the reliability and tightness of fixing the water outlet of flexible irrigation pipelines. International Conference on Advance Research in Humanities, Sciences and Education MALAYSIA CONFERENCE <https://confrencea.org> October 15th 2022.
7. Гафуров В.К. Расход влаги хлопковым полем на транспирацию. Сельское хозяйство Туркменистана: - Ашхабад, 1968, № 6, с. 34...35.
8. А.с. 1142060 (СССР). Устройство для раскладки гибких поливных трубопроводов; авт.изобрет. З.Х.Туймурадов.-Заявл. 09.02.88, № 4399403.
9. Tuymuradov Z.Kh. Технология дистанционной раскладки гибких поливных трубопроводов. THE MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. VOLUME-5, ISSUE-1. 10.01.2025.
10. Рудаков Г.М. Технологические основы механизации сева хлопчатника. - Ташкент: Фан 1974, с.158...196.
11. Эгамов А.Т. Обоснование параметров малы выравнивателя с регулируемым давлением на почву: - Дисс.к.т.н. - Янгиюль - 1988-139с.



12. Мацелинский Р.Н. Статистический расчет гибких висячих конструкций - М, -Л.: Госстройиздат, 1950.-191 с.
13. Дукельский А.И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. - М. Л.:Машгиз, 1951-397 с.
14. Качурин В.К. Теория висячих систем. - М. - Л.: Госстройиздат, 1962.-223 с.
15. Василенко П.М., Габий П.Т. Культиваторы (конструкция, теория и расчет). - Киев.: Издательство Украинской Академии сельскохозяйственных наук, 1961.-239 с.
16. ГОСТ 1343-82. Лапы и стойки культиваторов.