

## Проектирование сеялки к лесопосадочному лункообразователю

А. В. Родионов<sup>1</sup>

*Петрозаводский государственный университет*

### АННОТАЦИЯ

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию основных технологических параметров сменного высевающего приспособления к лесопосадочному лункообразователю типа Л-2У конструкции ПетрГУ. Представлены результаты сравнительных испытаний качества работы разработанного высевающего приспособления к лункообразователю типа Л-2У и покровосдирателя дискового ПДН-1А, позволяющие рекомендовать это приспособление к использованию.

**Ключевые слова:** высевающее приспособление, лункообразователь, технологические параметры.

### SUMMARY

The results of theoretical and experimental researches on substantiation of basic technological parameters of the changeable seeding unit to the forest-planting holemaker L-2U designed by PetrSU are represented. The results of work of designed changeable seeding unit to the holemaker L-2U in compare with disk trencher PDN-1A are also presented. These results permit using the changeable seeding unit.

**Keywords:** seeding unit, holemaker, technological parameters.

На нераскорчеванных вырубках с сильнокаменистыми или щебенистыми почвами в таежной зоне качественную посадку саженцев и сеянцев обеспечить крайне сложно и очень трудоемко по причинам, связанным с образованием посадочных мест в почве. В условиях Республики Карелия это вырубки из-под хвойных и смешанных типов леса с черничным покровом [1, 2].

Основными способами искусственного лесовосстановления на таких площадях в Республике Карелия в настоящее время являются ручная посадка сеянцев сосны или ели под меч Колесова в полосы, подготовленные дисковыми покровосдирателями (типа ПДН-1А). Основным недостатком покровосдирателей являются частые поломки дисков при неизбежных встречах с камнями. При наработке на отказ менее 1–2 рабочих смен покровосдиратель, как средство механизации лесохозяйственных работ, становится неэффективным [2, 3].

В Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) разработаны лесопосадочные лункообразователи динамического действия Л-2У. Применение лункообразователей типа Л-2У с динамическими рабочими органами конструкции ПетрГУ решает проблему посадки леса при создании лесных культур на вырубках с каменистыми почвами без корчевки пней. Однако на щебенистых почвах и при каменистости свыше 65 % (по вероятности встречи с препятствиями) подготовить необходимое количество посадочных мест на единице площади (порядка 4000 шт./га) затруднительно [3].

Для расширения технологических возможностей лесопосадочного динамического лункообразователя типа Л-2У разработано сменное приспособление Л-2УС для посева леса и содействия естественному возобновлению путем поверхностной обработки почвы (рис. 1). Для посева используются высевающие аппараты лабиринтного типа от ПДН-1А (ПДН-2), а для обработки почвы – лыжи Л-2У [4, 5].

Монтаж секции высевающего приспособления на рычаг лункообразователь Л-2У представлен на рисунке 2. Семенной барабан крепится на одном валу с опорно-приводным колесом на подпружиненном рычаге Л-2У, вместо рабочего органа для образования лунок. Глубина борозды задается положением рыхлителя по отношению к опорной поверхности лыжи. Размеры частей приспособления, их взаимное расположение и кинематика должны обеспечить работу в соответствии с агротехническими требованиями к посеву лесных семян [1].

При обосновании технологических параметров высевающего приспособления к лункообразователю необходимо решить следующие задачи [5]:

1. Обеспечить скорость вращения семенного барабана в пределах, не создающих помех для свободного пересыпания семян внутри его.
2. Определить соотношение диаметра опорно-приводного колеса и количества дозаторов на барабане для реального диапазона шага посева.
3. Установить связь между параметрами высевающего приспособления, площадью и расположением пятна рассеивания семян (рис. 3, 4).

Принимая во внимание, что скорость агрегата выбирается по условиям работы, а радиус семенного барабана известен, определяем величину радиуса опорно-приводного колеса по формуле:

$$R \geq \sqrt{\frac{v_a^2 \cdot (1 - \varepsilon)^2 \cdot R_\sigma}{k \cdot g}}, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус опорно-приводного колеса, м;  $v_a$  – скорость движения агрегата при посеве, м/с;  $\varepsilon$  – коэффициент проскальзывания опорно-приводного колеса по почве;  $R_\sigma$  – радиус семенного барабана, м;  $k$  – показатель кинематического режима семенного барабана;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Автор – доцент кафедры механизации сельскохозяйственного производства; научный консультант – д. т. н., проф. А. М. Цытук  
© Родионов А. В., 2008



Рис. 1. Высевающее приспособление Л-2УС, установленное на рычаги лункообразователя Л-2У



Рис. 2. Расположение сборочных единиц приспособления Л-2УС

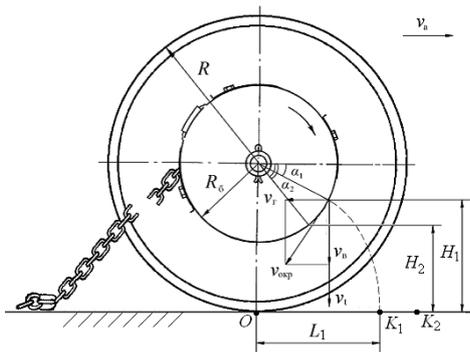


Рис. 3. Схема для расчета места падения семян

Минимальное значение радиуса опорно-приводного колеса выбирается по условию преодоления препятствий на вырубке по данным [6].

Определение количества дозаторов  $z$  на семенном барабане высевающего приспособления производится по известной формуле [7]:

$$z = \frac{2\pi \cdot R}{(1-\varepsilon) \cdot S}, \quad (2)$$

где  $S$  – заданный шаг строчно-луночного посева, м.

Значение  $z$  должно быть округлено до целого числа, что достигается корректировкой величины радиуса опорно-приводного колеса. В реальных условиях вырубок величина шага  $S$  может произвольно изменяться в некоторых пределах, в зависимости от проскальзывания опорно-приводного колеса.

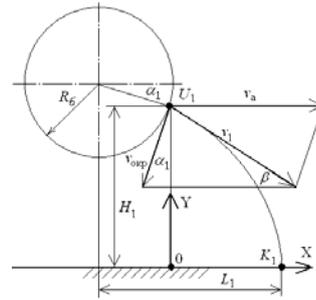


Рис. 4. Схема для расчета траектории полета семян

Длина  $A$  и ширина  $B$  площади пятна рассеивания семян определяется так (см. рис. 3 и 4):

$$A = l + 2 \cdot W \cdot \operatorname{tg} \psi; \quad B = j + 2 \cdot W \cdot \operatorname{tg} \psi; \quad (3)$$

$$W = \int_q^z \sqrt{1 + 4 \cdot m^2 \cdot x^2 + 4 \cdot m \cdot n \cdot x + n^2} dx; \quad (4)$$

$$m = \frac{-n \cdot (L_1 - R_\sigma \cdot \cos \alpha_1) - H_1}{(L_1 - R_\sigma \cdot \cos \alpha_1)^2}; \quad (5)$$

$$n = -\frac{v_{\text{опр}} \cdot \cos \alpha_1}{v_a - v_{\text{опр}} \cdot \sin \alpha_1}; \quad (6)$$

$$l = L - L_1; \quad L = L_2 + L_3; \quad (7)$$

$$L_1 = (v_a - v_2) \cdot t + R_\sigma \cdot \cos \alpha_1; \quad (8)$$

$$L_3 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot (\alpha_2 - \alpha_1)}{360 \cdot (1 - \varepsilon)}; \quad \alpha_2 = \alpha_1 + \frac{a \cdot 360}{2 \cdot \pi \cdot R_\sigma}; \quad (9)$$

$$H_1 = R - R_\sigma \cdot \sin \alpha_1; \quad H_2 = R - R_\sigma \cdot \sin \alpha_2; \quad (10)$$

$$t = -\frac{\frac{R_\sigma}{R} \cdot v_a \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \cos \alpha_1}{g} + \dots \rightarrow$$

$$\rightarrow \dots + \sqrt{\left(\frac{\frac{R_\sigma}{R} \cdot v_a \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \cos \alpha_1}{g}\right)^2 + \frac{2 \cdot H_1}{g}}; \quad (11)$$

$$v_{\text{опр}} = \frac{R_\sigma}{R} \cdot v_a \cdot (1 - \varepsilon); \quad v_2 = \frac{R_\sigma}{R} \cdot v_a \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \sin \alpha_1, \quad (12)$$

где  $j$  – ширина окна дозатора, м;

$\psi$  – угол рассеивания семян, град.;

$q$  и  $z$  – абсциссы концов дуги  $U_1 K_1$  ( $U_1$  – точка отрыва семени от барабана);

$L$  – расстояние между точками  $O$  и  $K_2$  (на рис. 3 не показано), м;

$L_1$  – расстояние от проекции центра барабана на опорную поверхность (точка  $O$ ) в момент сброса первого семени до точки  $K_1$  контакта этого семени с опорной поверхностью, м;

$L_2$  – расстояние от проекции центра барабана на поверхность до точки  $K_2$  в момент сброса последнего семени;

$L_3$  – величина горизонтального перемещения центра барабана за время поворота его от угла  $\alpha_1$  до  $\alpha_2$ ;  
 $H_1$  – высота точки сброса первого семени, м;  
 $H_2$  – высота точки сброса последнего семени, м;  
 $v_{окр}$  – окружная скорость семенного барабана, м/с;  
 $v_v, v_z$  – соответственно вертикальная и горизонтальная составляющие окружной скорости семенного барабана, м/с;  
 $v_t$  – вертикальная скорость семян в конце падения, м/с;  
 $\alpha_1, \alpha_2$  – углы, соответствующие крайним точкам сброса семян из барабана (отсчитываются от горизонтали), град.;  
 $t$  – время перемещения семени до поверхности почвы, с.

Величина  $L_2$  определяется по формуле для расчета  $L_1$ , в которую вместо  $\alpha_1$  и  $H_1$  подставляют соответственно  $\alpha_2$  и  $H_2$ .

Установлено [5], что площадь рассеивания семян представляет собой эллипс, площадь которого определяется по общеизвестной формуле:

$$F_n = \frac{\pi \cdot A \cdot B}{4}. \quad (13)$$

Для определения размещения площади пятна рассеивания семян относительно частей высевающего приспособления, принимаем, что геометрический центр этой площади приходится на середину отрезка  $K_1-K_2$  (см. рис. 3). Положение центра барабана относительно точки  $K_1$  определяется с учетом того, что из положения  $O$  барабан переместится за время  $t$  на некоторое расстояние, которое легко определяется. Отсюда расстояние  $I$  от центра барабана до центра площади рассеивания (центра эллипса) будет:

$$I = L_1 - v_a \cdot t + \frac{l}{2}. \quad (14)$$

Погрешность данной методики не превышает половины длины отрезка  $l$ , что для высевающего приспособления к Л-2УС составляет  $\pm 0,015$  м.

На рис. 5 представлены результаты расчетов по формулам (3...12) для следующих исходных данных:  $R = 0,3 \dots 0,5$  м;  $v_a = 0,28 \dots 1,39$  м/с;  $\varepsilon = 0,18$ ;  $R_{\bar{\sigma}} = 0,085$  м;  $\alpha_1 = 37,3^{\circ}$ ;  $\psi = 4,5^{\circ}$ ; размеры высевающего окна в дозатере –  $0,01 \times 0,01$  м.

Площадь питания семян  $F_c$  определяется так [7]:

$$F_c = \frac{F_n}{k_{\sigma} \cdot \xi}, \quad (15)$$

где  $k_{\sigma}$  – коэффициент всхожести семян (0,45...0,69);  
 $\xi$  – норма высева семян в лунку, шт. (20...70 шт.).

При расчете ширины реборды опорно-приводного колеса необходимо учитывать, что она может препятствовать рассеву семян (см. рис. 6).

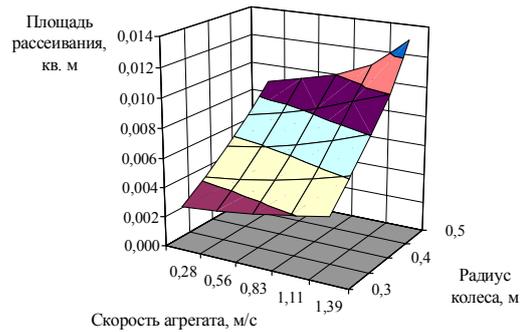


Рис. 5. Зависимость площадь рассеивания семян от радиуса приводного колеса и скорости агрегата

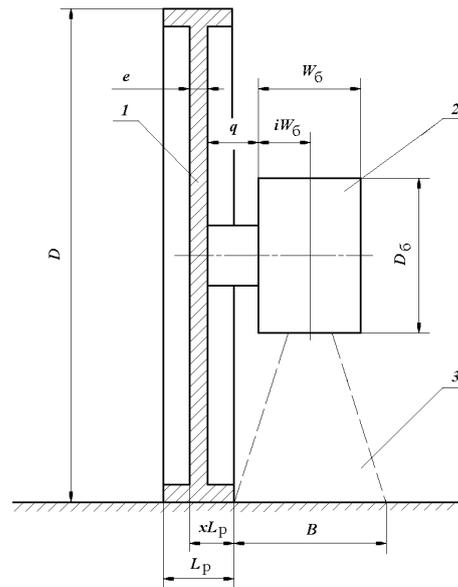


Рис. 6. Расчетная схема к определению ширины реборды опорно-приводного колеса:

1 – опорно-приводное колесо высевающего приспособления; 2 – семенной барабан; 3 – усеченный конус рассева семян;  $D$  – диаметр опорно-приводного колеса, м;  $D_{\bar{\sigma}}$  – внутренний диаметр семенного барабана, м;  $e$  – толщина стенки опорно-приводного колеса, м;  $q$  – зазор между опорно-приводным колесом и семенным барабаном, м;  $W_{\bar{\sigma}}$  – ширина семенного барабана, м;  $iW_{\bar{\sigma}}$  – расстояние от левой стенки семенного барабана до середины высевающего окна, м;  $L_p$  – ширина реборды, м;  $xL_p$  – расстояние от левой стенки диска колеса до правого края реборды, м

Необходимая ширина реборды  $L_p$  жесткого опорно-приводного колеса (см. рис. 6) определяется из известной формулы [8] для расчета глубины погружения жесткого колеса в почву:

$$L_p = \frac{Q}{2 \cdot [\delta_{CM}] \cdot \sqrt{R^2 - (R-h)^2}}, \quad (16)$$

где  $Q$  – вес, приходящийся на опорно-приводное колесо, Н;  
 $[\delta_{CM}]$  – допускаемое сопротивление почвы смятию, Па (60...2000 кПа [7]);

$h$  – глубина погружения колеса в почву, м, при расчетах ширины реборды рекомендуется принимать  $h \leq 1$  см.

Ширина реборды  $L_p$  жесткого опорно-приводного колеса должна удовлетворять следующему ограничению:

$$L_p \leq \frac{iW_\delta + q + e - 0,5 \cdot B}{x}; \quad 0 < x \leq 1; \quad (17)$$

$$0,5 \cdot L_o \leq iW_\delta \leq (W_\delta - 0,5 \cdot L_o); \quad R > R_\delta, \quad (18)$$

где  $L_o$  – ширина высевающего окна, м.

Конкретные величины  $q$ ;  $e$ ;  $iW_\delta$  и  $xL_p$  для подстановки в выражения (17, 18) назначаются конструктором в процессе проектирования приспособления.

Для проверки качества работы предлагаемого высевающего приспособления Л-2УС к динамическому лункообразователю Л-2У и разработанных теоретических положений (3...12) были проведены сравнительные испытания опытного образца высевающего приспособления и покровосдирателя дискового ПДН-1А [5]. В качестве объектов исследований использовались: трактор МТЗ-82 в агрегате с динамическим лункообразователем Л-2У, оснащенным опытным образцом высевающего приспособления Л-2УС; трактор Т-40АМ в агрегате с покровосдирателем дисковым ПДН-1А.

В процессе испытаний установлено, что качество посева семян высевающим приспособлением Л-2УС не уступает эталонному качеству, обеспечиваемому высевающим приспособлением к дисковому покровосдирателю ПДН-1А. Агрегаты в режиме посева работали устойчиво, качество борозды хорошее, качество заделки семян хорошее. Таким образом, приспособление Л-2УС можно рекомендовать для посева лесных семян. Установлено, что в процессе рассева каждой порции лесных семян приспособлением Л-2УС формируется область длиной 6 см и шириной 4 см в которую высевается 70...75 % семян высеваемой дозы. Форма области – эллипс, длинная ось которого ориентирована по ходу движения (рис. 7).

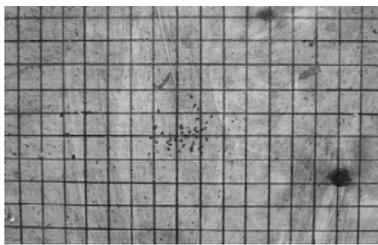


Рис. 7. Рассев семян приспособлением Л-2УС (размер каждой клетки – 2 × 2 см)

Математическое моделирование по методике (3...12) показало, что длина области рассева семян должна составлять 6 см, а ширина – 4,4 см. Разница в величинах экспериментальных и теоретических данных не

превысила 10,0 %, что подтверждает достоверность предложенной теоретической модели рассеивания семян высевающим приспособлением типа Л-2УС. Для практического применения рекомендуется следующий алгоритм проектирования сменного высевающего приспособления:

1. Назначается радиус опорно-приводного колеса по условиям преодоления препятствий (пней, камней) на вырубках по рекомендациям [6];
2. Рассчитывается необходимое количество дозаторов семенного барабана известного радиуса для заданного шага посева по формуле (2);
3. Выполняется расчет параметров рассеивающего приспособления и площади рассеивания семян по формулам (3...18);
4. Выполняется расчет деталей и узлов сменного приспособления на прочность по известным методикам [9] с учетом нагрузок, возникающих при контакте опорно-приводного колеса с препятствиями (пни, камни) на вырубках [6].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов А. И. Лесовосстановление на вырубках Северо-Запада России / А. И. Соколов. Петрозаводск. 2001. 215 с.
2. Родионов А. В. Рекомендации по восстановлению леса на вырубках с использованием лункообразователя Л-2У / А. В. Родионов, А. И. Соколов, В. А. Харитонов и др. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006. 52 с.
3. Цыпук А. М. Применение лункообразователя Л-2У в лесовосстановлении / А. М. Цыпук, А. В. Родионов, А. Э. Эгипти // Лесное хозяйство. 2006. № 1. С. 42–43.
4. Пат. на полезную модель 50750, МПКА01 С 7/08. Сменное высевающее приспособление / А. В. Родионов; заявитель и патентообладатель ПетрГУ. – № 2005108442/22; заявл. 28.03.2005; опубл. 27.01.2006. Бюл. № 03. 2 с.
5. Родионов, А. В. Обоснование технологических параметров высевающего приспособления к динамическому лункообразователю / А. В. Родионов, А. М. Цыпук; Петрозав. гос. ун-т. – Петрозаводск, 2007. 29 с. Деп. в ВИНТИ 27.12.2007, № 1251-B2007.
6. Родионов, А. В. Рубка и восстановление леса на основе ресурсосберегающей технологии / А. В. Родионов. М.: Флинта. Наука, 2006. 276 с.
7. Цыпук А. М. Лесохозяйственные машины и их применение: Учеб. пособие: В 3 ч. / А. М. Цыпук. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. Ч. 1–3.
8. Зима И. М. Механизация лесохозяйственных работ / И. М. Зима, Т. Т. Малюгин. М.: Лесная промышленность, 1976. 416 с.
9. Беляев, Н. М. Соппротивление материалов / Н. М. Беляев. М.: Наука, 1976. 608 с.