

DOI: 10.12737/article_59c21479aa4262.93687537

УДК *632.232

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫСЕВА СЕМЯН ХВОЙНЫХ ПОРОД ШТИФТОВЫМ ВЫСЕВАЮЩИМ АППАРАТОМ

кандидат технических наук, **И. В. Казаков**¹

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник **В. И. Казаков**¹

1 – ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»,
г. Пушкино, Российская Федерация

Выращивание посадочного материала в лесных питомниках для лесовосстановления и лесоразведения является важной задачей лесного хозяйства. Для посева семян хвойных пород в лесных питомниках применяются сеялки с катушечными высевальными аппаратами, которые не обеспечивают требуемой равномерности посева и повреждают семена при посеве. Штифтовые высевальные аппараты позволяют исключить эти недостатки, поэтому исследования процесса их работы представляют интерес для лесного хозяйства. В результате проведенных исследований процесса посева семян сеялками со штифтовыми высевальными аппаратами получены формулы для определения угловой скорости и частоты вращения высевальных аппаратов с их приводом от бороздообразующего катка. Предложены формулы для определения нормы посева семян в массовых и объемных единицах, а также в штуках, как на единицу площади, так и на погонный метр посевной строки с учетом конструктивных параметров сеялки и размеров штифтов. Отмечено, что увеличение высоты и ширины штифтов, а также коэффициента заполнения объема между штифтами и количества рядов штифтов приводит к увеличению нормы посева, а увеличение передаточного отношения привода вызывает ее уменьшение. Кроме того, увеличение скольжения бороздообразующего катка также приводит к снижению нормы посева. Неравномерность подачи семян с увеличением размеров штифтов возрастает, поэтому толщину штифтов рекомендуется принимать минимальной, с учетом их достаточной прочности. Проведенные аналитические исследования процесса работы штифтового высевального аппарата позволили получить необходимые зависимости для расчета конструктивно-технологических параметров лесных сеялок, предназначенных для посева семян хвойных пород в лесных питомниках.

Ключевые слова: сеялка, высевальный аппарат, частота вращения, семена, норма посева, привод, бороздообразующий каток.

ANALYTICAL STUDY OF THE PROCESS OF SOWING SEEDS OF CONIFERS BY PIN SOWING UNIT

PhD (Engineering), **I.V. Kazakov**¹

DSc (Agriculture), senior researcher **V.I. Kazakov**¹

1 – FBI «All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry», Pushkino,
Russian Federation

Abstract

The cultivation of seedlings in forest tree nurseries for reforestation and afforestation is an important task of forestry. For sowing seeds of coniferous species in forest nurseries seeder with coil sowing machines are used, which do not provide the desired uniformity of seeding and damage seeds when sowing. Pin sowing machines allow you to eliminate these drawbacks, so research process is interested for forestry. As a result of the research of the process of sowing seeds of conifers by sowing machines with pin metering apparatus, formulas for determination of its angular velocity and rotational speed of the drive of furrow making roller. Formulas to determine seeding rate are proposed, taking into account constructive parameters of seeding machine and size of pins. It is noted that the increase in height and width of pins and also fill factor and number of rows of pins leads to the increase in standards; and increase in gear ratio of the

actuator causes its decrease. Uneven supply of seed increases with increased size of pins, so thickness of pins is recommended to be minimum one, taking into account its sufficient strength. Conducted analytical research of the process of work of pin sowing unit enabled to obtain the necessary expressions for calculating structural and technological parameters of the forest sowing machine for sowing seeds of coniferous species in forest nurseries.

Keywords: planting machine, sowing machine, rotation speed, seeds, seeding rate, drive, furrow making roller

Основной технологической операцией при выращивании посадочного материала в лесных питомниках является посев семян, который оказывает существенное влияние как на расход семян, так и на качественные показатели сеянцев [1, 2, 3, 4]. Для высева семян хвойных пород применяются сеялки с катушечными высевающими аппаратами, заимствованными от зерновых и травяных сельскохозяйственных сеялок [7, 8, 10, 11]. Эти высевающие аппараты имеют ряд существенных недостатков, основными из которых являются неравномерность высева и повреждение семян, особенно при установке минимальной нормы высева. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве для посева мелких семян овощных культур применяются штифтовые высевающие аппараты. Эти высевающие аппараты исключают повреждение семян, и их конструктивная особенность заключается в широкой возможности регулирования нормы высева путем изменения частоты вращения [5, 6, 8, 9]. Однако опыта их использования в лесных сеялках нет, поэтому представляет определенный интерес проведение аналитических исследований процесса работы штифтовых высевающих аппаратов при высеве семян хвойных пород с целью определения рациональных режимов работы и конструктивно-технологических параметров сеялки:

Для анализа процесса работы штифтового высевающего аппарата рассмотрим схему их привода (рис. 1) от бороздообразующего катка со следующими конструктивными параметрами сеялки:

D_{δ} – наружный диаметр бороздообразующего катка;

h_{δ} – глубина хода бороздообразующего катка в почве;

V_{azp} – поступательная скорость движения агрегата.

При перекачивании бороздообразующего катка со скольжением условный его радиус составит

$$R_y = \frac{D_{\delta}}{2} - h_{\delta}.$$

Приравняв поступательную скорость движения агрегата и окружную скорость бороздообразующего катка, можем записать

$$V_{azp} (1 - \xi) = \omega_{\delta} R_y = \omega_{\delta} \left(\frac{D_{\delta}}{2} - h_{\delta} \right), \quad (1)$$

где ξ – коэффициент проскальзывания;

ω_{δ} – угловая скорость бороздообразующего катка, с⁻¹.

Величину $\xi \leq 1$ можно определить экспериментальным путем с учетом типа почвы, ее состояния, момента сопротивления перекачиванию и т. д.

Угловая скорость бороздообразующего катка определяется следующим выражением:

$$\omega_{\delta} = \frac{V_{azp} (1 - \xi)}{\frac{D_{\delta}}{2} - h_{\delta}}. \quad (2)$$

Частоту вращения бороздообразующего катка можно определить по формуле

$$n_{\delta} = \frac{30 \omega_{\delta}}{\pi} = \frac{30 V_{azp} (1 - \xi)}{\pi \left(\frac{D_{\delta}}{2} - h_{\delta} \right)}, \text{ мин}^{-1} \quad (3)$$

Тогда частота вращения штифтовых высевающих аппаратов составит

$$n_{\epsilon} = \frac{n_{\delta}}{I_{общ}}, \quad (4)$$

где $I_{общ}$ – общее передаточное отношение привода (рис. 1), причем

$$\left. \begin{aligned} I_{общ} &= I_1 I_2 I_3 = \text{var} \\ I_1 &= \frac{Z_2}{Z_1} \\ I_2 &= \frac{Z_4}{Z_3} \\ I_3 &= \frac{Z_6}{Z_5} \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где I_1, I_2, I_3 – передаточные отношения цепных передач;

Z_1, \dots, Z_6 – количество зубьев на сменных звездочках.

С учетом этого выражение (4) примет вид

$$n_{ва} = \frac{n_6}{I_1 I_2 I_3} = \frac{n_6 Z_1 Z_3 Z_5}{Z_2 Z_4 Z_6}. \quad (6)$$

Окончательно формулы для определения угловой скорости и частоты вращения штифтового высевающего аппарата примут следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \omega_{ва} &= \frac{\omega_6}{I_{общ}} = \frac{V_{азр} (1 - \xi) Z_1 Z_3 Z_5}{\left(\frac{D_6}{2} - h_6\right) Z_2 Z_4 Z_6} \\ n_{ва} &= \frac{30 V_{азр} (1 - \xi) Z_1 Z_3 Z_5}{\pi \left(\frac{D_6}{2} - h_6\right) Z_2 Z_4 Z_6} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Основным показателем, характеризующим работу сеялки, является норма высева семян – Q кг/га.

Для дальнейшего анализа процесса работы сеялки воспользуемся формулой определения нормы высева семян за один оборот бороздообразующего катка

$$M = \frac{\pi D_k Q B}{10000 \cdot 100}, \text{ кг/об. катка}, \quad (8)$$

где Q – норма высева, кг/га;

B – ширина захвата сеялки, см.

Следует отметить, что формула (8) не учитывает скольжение бороздообразующего катка.

Рассмотрим конструктивную ширину захвата сеялки (рис. 2), выразив ее в метрах:

$$M = \frac{\pi D_y Q B_{азр}}{10000(1 - \xi)},$$

где D_y – условный диаметр бороздообразующего катка, м;

$B_{азр}$ – ширина захвата сеялки, м.

Очевидно, в нашем случае можем записать

$$\left. \begin{aligned} D_y &= D_6 - 2h_6 \\ B_{азр} &= A(i_c - 1) \end{aligned} \right\},$$

где A – расстояние между рядками, м;

i_c – количество высевующих аппаратов на сеялке, шт.

Получим окончательное выражение для определения нормы высева

$$M = \frac{\pi (D_6 - 2h_6) Q A (i_c - 1)}{10000(1 - \xi)},$$

кг/об. катка, (9)

или в граммах на один оборот бороздообразующего катка

$$M_z = \frac{\pi (D_6 - 2h_6) Q A (i_c - 1)}{10(1 - \xi)},$$

г/об. катка. (10)

Каждый высевующий аппарат при этом должен высевать

$$M_{общ} = \frac{M_z}{i_c} = \frac{\pi (D_6 - 2h_6) Q A (i_c - 1)}{10 i_c (1 - \xi)}$$

г/об. катка. (11)

Зная объемную массу семян γ г/см³, выразим объемную норму высева M_o за один оборот бороздообразующего катка:

$$M_o = \frac{M_{общ}}{\gamma} = \frac{\pi(D_{\delta} - 2h_{\delta})QA(i_c - 1)}{10(1 - \xi)i_c\gamma}, \quad (12)$$

см³/об. катка,

где γ – объемная масса семян, (г/см³).

При равномерно-разреженном высева выражение для расчета количества семян, высеваемого одним аппаратом за один оборот бороздообразующего катка,

$$M_{om} = \frac{10^3 M_{общ}}{m}, \text{ шт./об. катка,}$$

где m – масса тысячи штук семян, г.

На основании формулы (11) получим

$$M_{om} = \frac{100\pi(D_{\delta} - 2h_{\delta})QA(i_c - 1)}{i_c(1 - \xi)m} \quad (13)$$

шт./об. катка

Или на один метр посевной строки

$$M_{om} = \frac{100\pi(D_{\delta} - 2h_{\delta})QA(i_c - 1)}{i_c(1 - \xi)m}$$

шт./пог. м.

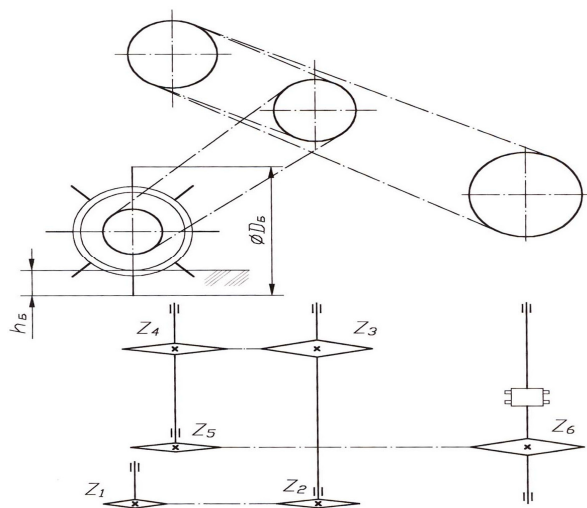


Рис. 1. Схема привода штифтовых высевальных аппаратов

Для дальнейшего анализа необходимо рассмотреть выражение (12), в котором размеры D_{δ} , h_{δ} , A выражены в метрах, а объемная масса семян γ в г/см³. Объем семян, подаваемых за один оборот высевального аппарата, определим с учетом следующих обозначений:

d_H – наружный диаметр штифтового высевального аппарата;

d_B – внутренний диаметр штифтового высевального аппарата;

$b_{шт}$ – ширина штифта;

$a_{шт}$ – толщина штифта наименьшая;

$A_{шт}$ – толщина штифта у основания;

$h_{шт}$ – высота штифта;

α – угол расстановки штифтов;

2β – угол конуса штифта;

i_p – число рядов штифтов на аппарате.

Схема штифтового высевального аппарата, представленная на рис. 3, предусматривает выполнение следующих соотношений:

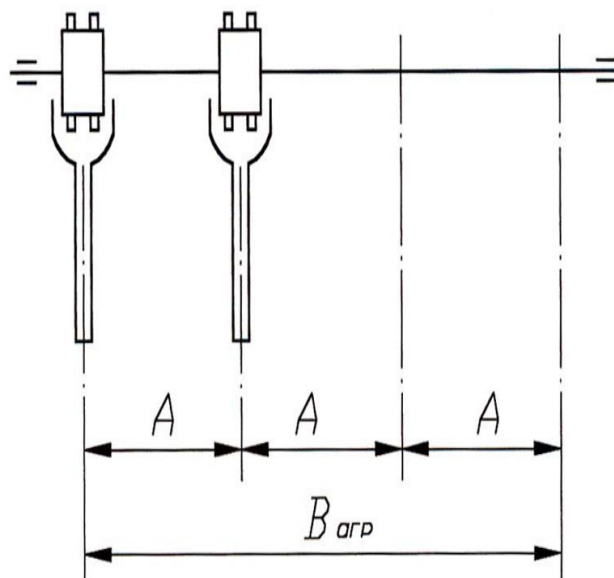


Рис. 2. Конструктивная ширина захвата сеялки

$$\left. \begin{aligned} h_{шт} &= \frac{1}{2}(d_H - d_B) \\ i_{шт} &= \frac{360^\circ}{\alpha} = \frac{2\pi}{\alpha} \end{aligned} \right\},$$

где $i_{шт}$ – число штифтов в одном ряду.

Площадь проекции штифта на диаметрально-плоскую плоскость составит

$$S'_{шт} = e_{шт} h_{шт} = \frac{e_{шт}}{2}(d_H - d_B) \quad (14)$$

Площадь кольцевого сектора $NFTK$ (рис. 3) представим как сумму площадей

$$S = S_1 + 2S_2 = S_{NEGK} + 2S_{EFN}.$$

Площадь кольца

$$S_1 = \frac{\pi}{4}(d_H^2 - d_B^2) \frac{(\alpha')}{2\pi}$$

или в радианной мере

$$S_1 = \frac{\pi}{4}(d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2\pi} \quad (15)$$

где α' – центральный угол, величину которого необходимо определить.

Толщина основания штифта

$$A_{шт} = a_{шт} + 2CB.$$

На основании простейших соотношений в прямоугольном треугольнике ABC получим

$$\left. \begin{aligned} \angle ABC &= 90^\circ = \frac{\pi}{2} \\ AB &= h_{шт} = \frac{1}{2}(d_H - d_B) \\ \angle CAB &= \beta \end{aligned} \right\},$$

можем записать

$$CB = AB \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{2}(d_H - d_B) \operatorname{tg} \beta.$$

Значит,

$$A_{шт} = a_{шт} + (d_H - d_B) \operatorname{tg} \beta. \quad (16)$$

Приблизительно можно считать, что

$$S_2 = S_{FEN} \approx S_{\Delta ABC}$$

Точность последнего выражения возрастает при увеличении внутреннего диаметра d_B и уменьшении высоты штифта по отношению к наружному диаметру аппарата d_H .

Тогда

$$2S_2 \approx h_{шт} CB.$$

С учетом ранее полученных соотношений имеем

$$2S_2 \approx \frac{1}{2}(d_H - d_B) \frac{1}{2}(d_H - d_B) \operatorname{tg} \beta.$$

Угол конуса штифта 2β считаем известной конструктивной величиной, значит,

$$2S_2 \approx \frac{1}{4}(d_H - d_B)^2 \operatorname{tg} \beta. \quad (17)$$

Величина неизвестного центрального угла α' составит

$$\alpha' = \alpha - 2\delta.$$

На основании рассмотрения схемы (рис. 3) и с учетом принятого допущения имеем

$$DE \approx DE = \frac{1}{2}a_{шт} + CB.$$

Далее

$$DE \approx \frac{1}{2}a_{шт} + \frac{1}{2}(d_H - d_B) \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{2}(a_{шт} + (d_H - d_B) \operatorname{tg} \beta)$$

Представив расстояние DE как хорду с центральным углом δ , запишем

$$DE = 2 \frac{d_H}{2} \sin \frac{\delta}{2} = d_H \sin \frac{\delta}{2}.$$

Приравняв два последних выражения, получим

$$d_H \sin \frac{\delta}{2} = \frac{1}{2}(a_{шт} + (d_H - d_B) \operatorname{tg} \beta).$$

Отсюда выразим искомую величину центрального угла δ

$$\sin \frac{\delta}{2} = \frac{a_{шт} + (d_H - d_B) \operatorname{tg} \beta}{2d_H},$$

и окончательно получим

$$\delta = 2 \arcsin \left[\frac{a_{шт} + (d_H - d_B) \operatorname{tg} \beta}{2d_H} \right] \quad (18)$$

Тогда общая площадь

$$S = \frac{\pi}{4}(d_H^2 - d_B^2) \frac{(\alpha')}{360^\circ} + \frac{1}{4}(d_H - d_B)^2 \operatorname{tg} \beta.$$

Для удобства расчетов представим зависимость (15) в следующем виде:

$$S_1 = \frac{1}{4} (d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2},$$

тогда:

$$S = \frac{1}{4} \left[(d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2} + (d_H - d_B)^2 \operatorname{tg} \beta \right] \quad (19)$$

Объем семян, захватываемый в промежуток между двумя соседними штифтами, представим так:

$$V'_O = S v_{шт} k_3, \quad (20)$$

где k_3 – коэффициент заполнения объема между штифтами.

Величина $k_3 \leq 1$ определяется экспериментально и при равномерном вращении штифтового высевающего аппарата ($n_{ва} = \text{const}$,

$V_{агр} = \text{const}$) является функцией свойств семян (влажности, сыпучести, размеров), подачи и его окружной скорости. Значит, при повороте штифтового высевающего аппарата на угол α , он захватывает объем семян (в одном ряду штифтов)

$$V'_O = \frac{v_{шт}}{4} \left[(d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2} + (d_H - d_B)^2 \operatorname{tg} \beta \right] k_3 \quad (21)$$

При использовании многорядного штифтового высевающего аппарата

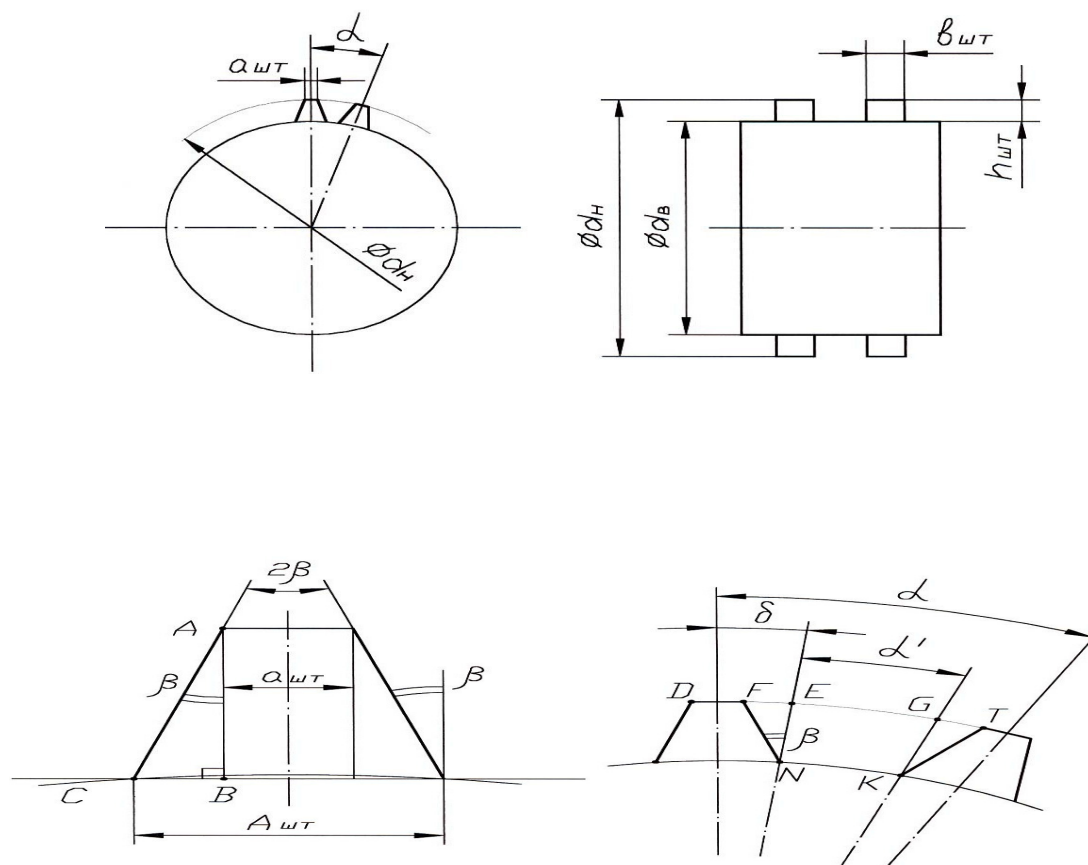


Рис. 3. Схема к определению параметров штифтового высевающего аппарата

$$V' = V'_{\text{общ}} i_P \left. \begin{aligned} & \\ & V' = \frac{1}{4} i_P v_{\text{шт}} k_3 \left[(d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2} + (d_H - d_B)^2 \text{tg} \beta \right] \end{aligned} \right\} (22)$$

В выражениях (21) и (22) все размеры ($v_{\text{шт}}$, d_H , d_B) представлены в сантиметрах.

Объем семян, захватываемых штифтовым высевальным аппаратом за один оборот бороздообразующего катка, составит

$$V'' = V' \frac{360^\circ}{\alpha} I_{\text{общ}}^{-1}$$

или

$$V'' = V' I_{\text{общ}}^{-1} \frac{2\pi}{\alpha}$$

С учетом формулы (22) получим

$$V'' = \frac{\pi k_3}{2 \alpha I_{\text{общ}}} i_P v_{\text{шт}} \left[(d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2} + (d_H - d_B)^2 \text{tg} \beta \right], \quad (23)$$

см³/об. катка

Анализ полученных выражений показывает, что увеличение геометрических размеров штифтов – высоты и ширины, коэффициента заполнения и числа рядов штифтов приводит к увеличению нормы высева высевального аппарата, а увеличение передаточного отношения $I_{\text{общ}}$ – к ее уменьшению.

Шаг расстановки штифтов влияет на величину угла между их основаниями и при уменьшении угла расстановки штифтов α , центральный угол α' также уменьшается. В целом влияние угла расстановки штифтов менее значительно, чем влияние ширины штифта $v_{\text{шт}}$, числа рядов штифтов на аппарате i_P , высоты штифта $h_{\text{шт}}$ и общего передаточного отношения привода $I_{\text{общ}}$. Угол конуса штифта 2β не оказывает существенного влияния на норму высева.

Для установки сеялки на требуемую норму высева необходимо получить зависимость, связы-

вающую ее с конструктивными параметрами сеялки.

Приравняв удельные значения по формулам (23) и (12), т. е.

$$M_o = V'', \text{ см}^3/\text{об. катка},$$

получим

$$\frac{\pi(D_o - 2h_o)}{10i_c \gamma(1 - \xi)} = \frac{\pi k_3 i_P v_{\text{шт}}}{2 \alpha I_{\text{общ}}} \left[(d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2} + (d_H - d_B)^2 \text{tg} \beta \right]$$

После сокращения на $\text{const} = \frac{\pi}{2}$:

$$\frac{k_3 i_P v_{\text{шт}}}{\alpha I_{\text{общ}}} \left[(d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2} + (d_H - d_B)^2 \text{tg} \beta \right] = \frac{(D_o - 2h_o) Q A (i_c - 1)}{5i_c \gamma(1 - \xi)}$$

Отсюда выразим норму высева

$$Q = \frac{5\gamma i_c (1 - \xi) i_P v_{\text{шт}} k_3}{I_{\text{общ}} \alpha (D_o - 2h_o) A (i_c - 1)} \left[(d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2} + \frac{1}{4} h_{\text{шт}}^2 \text{tg} \beta \right] \quad (24)$$

кг/га.

Или для поштучного высева

$$Q_{\text{шт}} = \frac{i_c (1 - \xi) i_P v_{\text{шт}} k_3 m}{200 I_{\text{общ}} \alpha (D_o - 2h_o) A (i_c - 1)} \left[(d_H^2 - d_B^2) \frac{\alpha'}{2} + \frac{1}{4} h_{\text{шт}}^2 \text{tg} \beta \right] \quad (25)$$

шт./га.

Таким образом, увеличение скольжения бороздообразующего катка приводит к снижению нормы высева, что недопустимо. Установку требуемой нормы высева можно обеспечить за счет изменения $I_{\text{общ}}$, т. е. целесообразно иметь коробку скоростей с несколькими вариантами ступеней. В заключение рассмотрим практический вопрос о неравномерности подачи семян.

Поскольку $v_{\text{шт}}$ – постоянная величина, «пульсацию» подачи высевальным аппаратом за один его оборот оценим соотношением суммарной площади проекции на продольную горизонтальную плоскость всех штифтов, размещенных на высевальных аппаратах, и площади всех «промежутков» между штифтами:

$$P = \frac{S_{шт} i_{шт}}{S i_{пр} k_3}, \quad (26)$$

где $i_{пр} = i_{шт}$ – число «промежутков».

Значит,

$$P = \frac{S_{шт}}{S k_3} \rightarrow \min. \quad (27)$$

Площадь штифтов

$$S_{шт} = a_{шт} h_{шт} + 2S_2,$$

или

$$S_{шт} = a_{шт} h_{шт} + h_{шт}^2 \operatorname{tg} \beta. \quad (28)$$

После подстановки и преобразований, получим

$$P = \frac{a_{шт} h_{шт} + h_{шт}^2 \operatorname{tg} \beta}{\left(\frac{1}{8} (d_H^2 - d_B^2) \alpha' + h_{шт}^2 \operatorname{tg} \beta \right) k_3} \quad (29)$$

Как видно из формулы (29), неравномерность подачи семян с увеличением размеров штифтов возрастает, следовательно, толщину штифтов следует принимать минимальной, с учетом их достаточной прочности. При многорядном размещении штифтов на высевальном аппарате их следует располагать смещенными рядами.

Таким образом, на основании проведенных аналитических исследований процесса работы штифтового высевального аппарата, получены необходимые зависимости для расчета основных конструктивно-технологических параметров лесных сеялок для посева семян хвойных пород.

Библиографический список

1. В. Н. Винокуров, Г. В. Силаев, В. И. Казаков – М.: ООО Издательский дом «Лесн. пром-сть», 2006. – 432 с. Винокуров, В. Н. Механизация лесного и лесопаркового хозяйства [Текст]./
2. Драпалюк, М. В. Перспективные технологии выращивания посадочного материала в лесных питомниках [Текст] / М. В. Драпалюк – Воронеж: Воронеж гос. университет, 2006.– 247 с.
3. Казаков, В.И. Технологии и механизация выращивания посадочного материала в питомниках лесной зоны [Текст] / В. И. Казаков.– М.: ВНИИЛМ, 2001. –186 с.
4. Лисенков А.И. Результаты исследований высевального аппарата для строчно-луночного посева лесных семян [Текст] / А.И. Лисенков / Природопользование, ресурсы, техническое обеспечение: межвуз. сб. науч. тр./ Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2003. – Вып. 1 - с. 148 - 155.
5. Пошарииков Ф.В. Обоснование и расчет рабочих органов лесных сеялок [Текст] / Ф. В. Пошарииков - Воронеж: ВГУ, 1978, 123 с.
6. Пошарников Ф. В. Оптимизация технологических параметров элементов ячеисто-барабанных высевальных аппаратов [Текст] / Ф. В. Пошарников, А. Ф. Иванов / ВЛТИ.- Воронеж, 1985.- 24 с. Деп. в ЦБНТИ-лесхоз, библиограф. указ. № 12-85 деп.
7. Пошарников, Ф. В. Разработка высевального аппарата для посева семян хвойных пород на лесокультурных площадях [Текст] / Ф. В. Пошарников, А. И. Лисенков / Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение: межвуз. сб. науч. тр. / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2004. – Вып. 2.-с. 389-392.
8. Турбин, Б. Г. Сельскохозяйственные машины [Текст] / Б. Г. Турбин, А. Б. Лурье, С. М. Григорьев.- М. : Машиностроение, 1967. -583 с.
9. Forsttechnik I. Forstwirtschaft. Berlin, Veb Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1969. -212 p.
10. Mc Creary, D. D. Acorn sowing date affects field performance of blue and valley oaks [Text]/ McCreary, D. D.//Tree Planters Notes 41 (2). - 1990. - P. 6-9.
11. Toumey, J.W. Seeding and planting [Text] /J.W.Toumey//John Wiley and Sons. - New York, 1916. - 455 p.

References

1. Vinokurov, V. N. *Mehanizacija lesnogo i lesopar-kovogo hozjajstva* [Mechanization of forestry and forest management]. [Text]. / V. N. Vinokurov, G. V. Silaev, V. I. Kazakov - Moscow: OOO Publishing house "Lesn. industry", 2006. – 432 p. (In Russian).
2. Drapaluk, M. V. *Perspektivnye tehnologii vyrashhivaniya posadochnogo materiala v lesnyh pitomnikah*. [Perspective technologies of cultivation of planting material in forest nurseries]. [Text]. / M. V. Drapaluk. – Voronezh: Voronezh state University, 2006.– 247 p. (In Russian).
3. Kazakov, V. I. *Tehnologii i mehanizacija vyrashhivaniya posadochnogo materiala v pitomnikah lesnoj zony* [Technology and mechanization of cultivation of planting material in nurseries of the forest zone]. [Text] / V. I. Kazakov, Moscow, 2001.– 186 p. (In Russian).
4. Lisenkov A. I. *Rezultaty issledovanij vysevayushhego apparata dlya strochno-lunochnogo poseva lesnykh semyan* [The research Results of the sowing unit for line-hole sowing of forest seeds] [Text] / A. I. Lisenkov / Environmental management, resources, technical support: interuniversity collection. collection of scientific. Tr./ Voronezh. state leatehr. Acad. – Voronezh, 2003. – Vol. 1 - pp. 148 - 155. (In Russian).
5. Pocharnikov F. V. *Obosnovanie i raschet rabochikh organov lesnykh seyalok* [Assessment and calculation of working bodies of forestry drills] [Text] / F. V. Pocharnikov - Voronezh: VSU, 1978 –123 p. (In Russian).
6. Pocharnikov F. V. *Optimizatsiya tekhnologicheskikh parametrov ehlementov yacheisto-barabannykh vysevayushhikh apparatov* [Optimization of technological parameters of elements of the cellular drum seeding machines] [Text] / F. V. Pocharnikov, A. F. Ivanov / VLTI.- Voronezh, 1985.- 24 p. Affairs. in Cncracks, Bibl. Decree. No. 12-85 DEP. (In Russian).
7. Pocharnikov, F. V. *Razrabotka vysevayushhego apparata dlja poseva semjan hvoynyh porod na lesokul'turnyh ploshhadjah* [Design of the sowing apparatus for sowing seeds of conifers in the areas of silviculture] [Text] / F. V. Bocharnikov, Lisenkov I. A. // Nature: resources, technical support: interuniversity collection. SB. nauch. Tr. / Voronezh. state leatehr. Acad. –Voronezh, 2004. – Vol. 2. – pp. 389-392. (In Russian).
8. Turbines B. G. *Sel'skokhozyajstvennye mashiny* [Agricultural machines] [Text] / B. G. Turbin, A. B. Lurie, S. M. Grigoriev.- Moscow : Mashinostroenie, 1967. -583 p. (In Russian).
9. Forsttechnik I. Forstwirtschaft. Berlin, Veb Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1969. -212 p.
10. Mc Creary, D. D. Acorn sowing date affects field performance of blue and valley oaks [Text]/ McCreary, D. D.//Tree Planters Notes 41 (2). - 1990. - pp. 6-9.
11. Toumey, J.W. Seeding and planting [Text] / J.W.Toumey // John Wiley and Sons. – New York, 1916. – 455 p.

Сведения об авторах

Казakov Игорь Владимирович – ведущий научный сотрудник отдела механизации ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», кандидат технических наук, г. Пушкино, Российская Федерация, e-mail: kazakov.igor2015@bk.ru

Казakov Владимир Иванович – главный научный сотрудник отдела лесовосстановления, семеноводства и недревесной продукции леса ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, г. Пушкино, Российская Федерация; e-mail: kazakov@vniilm.ru

Information about authors

Kazakov Igor Vladimirovich – leading researcher of the Department of FBI "All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry", candidate of candidate of technical Sciences, Pushkino, Russian Federation; e-mail: kazakov.igor2015@bk.ru.

Kazakov Vladimir Ivanovich – chief researcher of the Department of reforestation, seed and non-timber forest products, the FBI "All-Russian research Institute for silviculture and mechanization of forestry", doctor of agricultural Sciences, senior researcher, Pushkino, Russian Federation; e-mail: kazakov@vniilm.ru

DOI: 10.12737/article_59c21945f18ee9.68805491

УДК 630*383.01

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ, ОСНАЩЁННЫХ УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОВОРОТНОЙ ОСЬЮ ПРИЦЕПА

доктор технических наук, профессор **П.И. Попиков**¹,

кандидат технических наук, доцент **В.В. Белозоров**¹,

аспирант **К.А. Меняйлов**¹

1- ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
Воронеж, Российская Федерация

В статье предложена концепция системного конструирования лесных машин в новых экономических условиях. Приведены основные положения выбора механизма для управления прицепа автопоезда на основе технико-экономического сравнения вариантов. Определяются основные характеристики управления автопоездом и повышения эффективности технологического процесса транспортировки. В предлагаемой работе рассматриваются вопросы управляемости транспортных средств, что представляет значительный интерес с целью применения такого оборудования для лесных машин, которое обеспечивало бы движение по различной опорной поверхности (снег, песок, болото и тд). Предлагается усовершенствовать электропневматическую конструкцию привода прицепа, учитывая при этом многочисленные и изменяющиеся факторы. Дан анализ конструкций лесовозных автопоездов. Рассмотрены преимущества и недостатки транспортировки древесины многозвенным автопоездом. Рассматриваются основные типы дорожных участков. В статье проанализированы факторы, оказывающие влияние на эксплуатационное состояние дорог. Примыкания дорог являются местами, где, наиболее часто возникают ДТП. Рассмотрена вероятность обеспечения надёжности функционирования отдельных элементов автомобильной дороги, а также дороги в целом во время сложных условий эксплуатации при наличии технических или экономических преимуществ в сравнении с традиционными решениями. Представлен график определения скорости автопоезда по предложенной методике для различных условий и факторов. В работе предлагается метод нахождения передаточных функций сложной многомассовой механической системы «ВАД». Экономическая эффективность работы автолесовоза определяется удельными приведёнными затратами на транспортировку лесоматериалов, представляющие собой отношение сумм затрат.

Ключевые слова: эффективность, транспорт, дорожная сеть, безопасность.