

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЫКОПНОЙ МАШИНЫ НА КАЧЕСТВО ВЫКОПКИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

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

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

Одним из важных показателей качества выращиваемого в лесных питомниках посадочного материала является сохранность корней и количество почвы, остающейся на корневой системе растений при их выкопке. Применяемые в лесных питомниках для выкопки посадочного материала машины не в полной мере отвечают этим требованиям, так как недостаточно рыхлят почвенный пласт и не обеспечивают отделение почвы от корневых систем растений. Кроме того, для извлечения растений из почвы требуются значительные усилия, и при этом происходит обрыв части корней. Современные выкопные машины с активными рабочими органами позволяют отделять почву от корневых систем растений и обеспечивают сохранность необходимого ее количества на них при снижении усилия на извлечение растений из почвы. В статье приведены результаты исследований влияния режимов работы выкопной машины на качество уборки посадочного материала, на основании которых обоснована рациональная частота колебаний рычагов и бил в пределах 675 кол/мин при подаче на одно их колебание, равной 5,4 см/кол, и рабочей скорости движения агрегата 2,2 км/ч. Такие режимы работы выкопной машины обеспечивают сохранность почвы на корневой системе укрупненных сеянцев ели в количестве 136,2 г и допустимое усилие на их извлечение из почвы в пределах 36,4 Н.

Ключевые слова: посадочный материал, питомник, выкопная машина, режимы работы, корневая система

THE INFLUENCE OF PLANT LIFTER OPERATING MODES ON THE DIGGING QUALITY OF PLANTING MATERIAL

PhD (Engineering) **I.V. Kazakov**

FBI All-Russian Research institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM),
Pushkino, Russian Federation

Abstract

One of the important indicators of the quality of planting material grown in forest nurseries is preservation of roots and the amount of soil remaining on the root system of plants when they are excavated. Machines used in forest nurseries for digging planting material do not fully meet these requirements, since soil layer is not sufficiently loosened and soil is not separated from the root systems of plants. In addition, considerable effort is required to extract plants from the soil, and part of the roots is cut off. Modern plant lifters with active working bodies enable to separate the soil from the root systems of plants and ensure safety of the required amount on them, reducing the effort to extract plants from the soil. The article presents the results of studies of the influence of plant lifter operating modes on the quality of planting material harvesting, on the basis of which the rational oscillation frequency of the levers and beats within 675 counts/min is substantiated when applying one oscillation of 5.4 cm/count and operating speed 2.2 km/h. These operation modes of plant lifter ensure the preservation of soil on the root system of enlarged spruce seedlings in the amount of 136.2 g and allowable effort to remove them from the soil within 36.4 N.

Keywords: planting stock, nursery, plant lifter, operating modes, root system

Введение

Выкопка посадочного материала в лесных питомниках является наиболее трудоемкой и ответственной технологической операцией при его выращивании [1, 4, 9–14]. Применяемые для выполнения этой операции выкопочные машины не в полной мере отвечают предъявляемым к ним требованиям, так как они обеспечивают только подрезку корневых систем растений, недостаточно рыхлят пласт почвы и не полностью отделяют почву от их корневых систем. [3, 7, 8]. Это требует значительных усилий на извлечение растений из почвы и приводит к обрыву части корней, особенно мелких, наиболее ценных и важных для последующего приживания посадочного материала при посадке на лесокультурной площади. Современные выкопочные машины с активными рабочими органами обеспечивают более интенсивное рыхление почвенного пласта и отделение почвы от корневой системы растений [2, 7, 8]. Однако из-за недостатка исследований влияния режимов работы выкопочных машин на качественные показатели уборки посадочного материала в лесных питомниках сдерживается более широкое их применение. В связи с этим обоснование рациональных режимов работы выкопочных машин с активными рабочими органами представляет научный и практический интерес для разработки новых и совершенствования конструкций существующих машин, предназначенных для уборки посадочного материала в лесных питомниках.

Методы и материалы

Исследования влияния режимов работы выкопочной машины с активными рабочими органами для отряхивания почвы от корневых систем растений на качественные показатели уборки посадочного материала проводили на экспериментальном образце выкопочной машины МВ-1,3 [5, 6]. Эта машина предназначена для выкопки в лесных питомниках посадочного материала с одновременным рыхлением подрезанного слоя почвы и активным отряхиванием почвы от корневой системы растений.

Экспериментальный образец выкопочной машины МВ-1,3 агрегируется с трактором МТЗ-82 и состоит из рамы 1, подкапывающей скобы 2, вала рыхлителя 3, конического редуктора 4,

карданного вала 5, кривошипов 6, шатунов 7, рычагов 8, бил 9, опорных колес 10 и стойки 11 (рис. 1) [5].

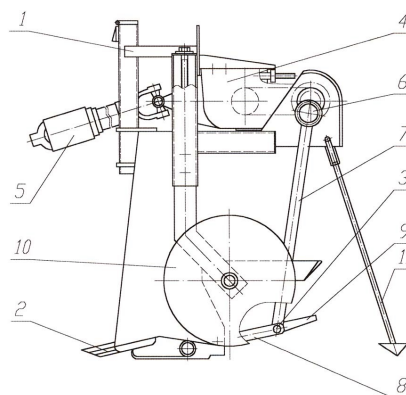


Рис. 1. Схема выкопочной машины МВ-1,3
(Казаков И.В. (2004))

Рама представляет собой сварную конструкцию и предназначена для монтажа на ней основных узлов машины.

Подкапывающая скоба 2 обеспечивает подрезку почвенного пласта и его рыхление и состоит из вала 3 с рычагами 8 и билами 9. Рычаги 8 являются продолжением подкапывающей скобы 2 и шарнирно присоединены к ее задней грани. Между билами на кронштейнах размещены ролики, которые взаимодействуют с рычагами и обеспечивают им колебание в вертикальной плоскости.

Механизм привода рабочих органов включает карданный вал 5, конический редуктор 4, вал рыхлителя 3, кривошипы 6 и шатуны 7, образующие кривошипно-шатунный механизм [5, 6, 9].

Колебания бил осуществляются от кривошипно-шатунного механизма, а рычагов – от вала рыхлителя через кронштейны с роликами. Била и рычаги колеблются в противофазе: когда била опускаются вниз, то рычаги поднимаются вверх и наоборот.

Била в количестве 10 штук и длиной около 300 мм и шириной 10 мм приварены к валу рыхлителя и приводятся в колебательное движение от двух кривошипно-шатунных механизмов, расположенных с обеих сторон машины. Расстояние между центрами бил принято из конструктивных сообра-

жений равным 120 мм и с учетом расстояния между рядками растений, которое для сеянцев составляет 22,5 см и для саженцев – 25 см. Рычаги в количестве 4 присоединены шарнирно к задней грани подкапывающей скобы и являются ее продолжением. Длина рычага составляет 450 мм при его ширине, равной 40 мм и расстоянием между их центрами, равном 240 мм. Частота колебаний рычагов и бил регулируется с помощью сменных звездочек в трансмиссии их привода и составляет 270, 415, 540 и 675 кол/мин.

Амплитуда колебаний рычагов и бил изменяется с помощью регулировочных отверстий на коромыслах и составляет 60, 100 и 140 мм. Эксцентриситет кривошипа принят равным 50 мм с учетом его назначения и конструктивного исполнения устройства. Опорные колеса 10 снабжены винтовым механизмом и предназначены для регулирования глубины выкопки растений от 15 до 30 см. Технологический процесс работы выкопчной машины МВ-1,3 заключается в следующем. При поступательном движении агрегата и включенном ВОМ тракторист с помощью гидросистемы переводит машину в рабочее положение. При этом подкапывающая скоба заглубляется в почву на предварительно установленную с помощью опорных колес глубину выкопки растений, и подрезанный пласт почвы надвигается на скобу.

Крутящий момент от ВОМ трактора посредством карданного вала передается на конический редуктор, на выходном валу которого установлена ведущая звездочка. Далее крутящий момент через цепную передачу передается на ведомую звездочку, закрепленную на промежуточном валу, и через кривошипно-шатунный механизм преобразуется в колебательное движение рычагов и бил. При этом рычаги и била рыхлят подрезанный пласт почвы с растениями и отделяют почву от их корневых систем.

Результаты и обсуждение

Исследования влияния режимов работы экспериментального образца выкопчной машины МВ-1,3 на качество уборки посадочного материала проводили в питомнике Сергиево-Посадского лесхоза на выкопке укрупненных сеянцев ели, средние показатели которых составили: высота – 31,8 см,

ширина кроны – 22,8 см, длина корней – 18,0 см и диаметр корневой шейки – 7,0 мм. Опыты проводили при выкопке укрупненных сеянцев ели на глубине, равной 20 см. Рабочая скорость выкопчной машины в агрегате с трактором МТЗ-82 составила 2,2 км/ч. Усилие на извлечение растений из разрыхленного слоя суглинистой почвы измеряли динамометром, а массу почвы, оставшейся на корневых системах после ее отделения от них, определяли с помощью лабораторных весов. Повторность опытов принималась пятикратной, с количеством замеров в каждом опыте не менее 30. Средняя влажность суглинистой почвы в период исследований в слое 0...10 см составила 23,0 % и в слое 10...20 см – 22,5 %. Подача на одно колебание рычага и била при рабочей скорости агрегата, равной 2,2 км/ч, изменялась от 5,4 до 13,5 см/кол.

В процессе проведения опытов было установлено, что при частоте колебаний рабочих органов (рычагов и бил), равной 540 кол/мин, и амплитуде их колебаний, равной 60 мм, подрезанный пласт почвы с укрупненными сеянцами ели практически был не разрыхлен и почва не отделена от их корневых систем. Это объясняется тем, что в насыщенном корнями верхнем слое почвы при глубине хода подкапывающей скобы, равной 20 см, рабочие органы при амплитуде их колебаний 60 мм практически не обеспечивали рыхления подрезанного пласта почвы. С увеличением амплитуды колебаний рабочих органов до 100 мм, т. е. до половины глубины выкопки посадочного материала, наблюдалось более интенсивное рыхление почвенного пласта и лучшее отделение почвы от корневых систем растений. При амплитуде колебаний рабочих органов, равной 140 мм, т. е. практически большей части (около 70 %) подрезанного пласта почвы, наблюдались случаи повреждений (поломки) стволиков укрупненных сеянцев ели и их корней. В связи с этим дальнейшие исследования влияния частоты колебаний рычагов и бил на качественные показатели выкопки укрупненных сеянцев ели проводили с амплитудой их колебаний, равной 100 мм.

Полученные результаты исследований приведены в таблице, анализ которой показывает, что при частоте колебаний рычагов и бил, равной

270 кол/мин, и подаче на одно их колебание 13,5 см/кол подрезанный пласт почвы практически не был разрыхлен. Усилие на извлечение растений из почвы составило 165,7 Н и превышало предусмотренное агротехническими требованиями (не более 100 Н). Масса почвы, связанной с корневой системой укрупненных сеянцев ели, составила 374,5 г, что также не соответствует агротехническим требованиям, предусматривающим количество почвы на корневой системе посадочного материала в пределах 100...150 г.

С увеличением частоты колебаний рабочих органов до 415 кол/мин и уменьшением подачи на одно колебание до 8,8 см/кол, масса почвы на корневой системе укрупненных сеянцев ели уменьшилась и составила 248,1 г. Это также превышает допустимую величину массы почвы на корневой системе растений и не соответствует агротехническим требованиям. Усилие на извлечение растений из почвы уменьшилось до 96,2 Н и соответствует агротехническим требованиям. При увеличении частоты колебаний рабочих органов до 540 кол/мин и уменьшении подачи на одно их колебание до 6,8 см/кол масса почвы на корневой системе укрупненных сеянцев ели снизилась до 177,4 г и усилие на их извлечение из почвы уменьшилось до 58,6 Н. Такой режим работы не полностью соответствует агротехническим требованиям, так как количество почвы на корневой системе сеянцев превышает допустимый предел.

При дальнейшем увеличении частоты колебаний рабочих органов до 675 кол/мин и уменьшении подачи на одно колебание до 5,4 см/кол масса почвы, остающейся на корневой системе укрупненных сеянцев ели, уменьшилась до 136,2 г и усилие на их извлечение снизилось до 36,4 Н. Эти режимы

работы машины полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству выкопки посадочного материала, и их целесообразно использовать при разработке выкопочных машин для лесных питомников.

Таким образом, эти режимы работы выкопочной машины обеспечивают требуемые показатели качества уборки укрупненных сеянцев ели и полностью соответствуют агротехническим требованиям на выкопку посадочного материала в лесных питомниках. Повреждений стволиков растений и их корневых систем не наблюдалось. Следует также отметить, что благодаря существенному снижению усилия на извлечение растений из почвы производительность рабочих, занятых на уборке посадочного материала, повышается на 40-60 %.

Заключение

В результате проведенных исследований влияния режимов работы выкопочной машины на качество уборки укрупненных сеянцев ели установлено, что при рабочей скорости движения агрегата 2,2 км/ч частота колебаний рычагов и бил должна быть в пределах 675 кол/мин и подача на одно колебание рабочего органа – 5,4 см/кол, при этом масса почвы на корневой системе укрупненных сеянцев ели и усилие на их извлечение из почвы соответствуют агротехническим требованиям и составляют, соответственно, 136,2 г и 36,4 Н.

Полученные результаты исследований использованы при модернизации и разработке усовершенствованной конструкции выкопочной машины МВ-1,3А, которая успешно прошла опытно-производственную проверку и приемочные испытания и была рекомендована на серийное производство.

Таблица

Влияние частоты колебаний рабочих органов и подачи на качественные показатели выкопки укрупненных сеянцев ели

Номер опыта	Частота колебаний рычагов и бил, кол/мин	Подача на одно колебание рычага и била, см/кол	Средняя масса почвы на корневой системе укрупненных сеянцев ели, г	Среднее усилие на извлечение укрупненных сеянцев ели из почвы, Н
1	270	13,5	374,5±14,3	165,7±8,3
2	415	8,8	248,1±11,6	96,2±3,7
3	540	6,8	177,4±9,4	58,6±3,1
4	675	5,4	136,2±7,6	36,4±2,2

Источник: собственные вычисления автора

Библиографический список

1. Бартнев, И. М. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления: моногр. / И. М. Бартнев, М. В. Драпалюк, В. И. Казаков ; под. ред. И. М. Бартнева. – Москва : ФЛИНТА : Наука, 2013. – 208 с. – Библиогр.: с. 198–205. – ISBN 978-5-9765-1746-2.
2. Вялкова, П. Ф. Выбор типа и обоснование основных параметров рабочих органов для отделения корней от почвы на выкопочно-выборочных машинах: специальность 05.06.02 «Машины и механизмы лесоразработок, лесозаготовок, лесного хозяйства и деревообрабатывающих производств : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Вялкова Полина Федоровна ; Воронежский лесотехн. институт. – Воронеж, 1975. – 25 с.
3. Драпалюк, М. В. Перспективные технологии выращивания посадочного материала в лесных питомниках : моногр. / М. В. Драпалюк. – Воронеж, 2006. – 247 с. – Библиогр.: с. 208–246. – ISBN 5-9273-0974-7.
4. Казаков, В. И. Технологии и механизация выращивания посадочного материала в питомниках лесной зоны : моногр. / В. И. Казаков. – Москва : ВНИИЛМ, 2001. – 186 с. – Библиогр.: с. 179–185.
5. Казаков, И. В. Машины и оборудование для лесных питомников / И. В. Казаков. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2004. – 60 с. – Библиогр.: с. 58–59.
6. Казаков, В. И. Аналитические исследования процесса разрушения почвенного пласта выкопочной машиной с активными рабочими органами / В. И. Казаков, И. В. Казаков // Лесотехнический журнал. – 2015. – Т. 5. – № 3. – С. 220–228. – Библиогр.: С. 226–227.
7. Климов, Г. Б. Выкопчные орудия и машины, их конструкция, параметры рабочих органов и элементы расчета / Г. Б. Климов, Е. И. Пожилов // Исследование и обоснование параметров новых лесохозяйственных машин : сб. науч. трудов. – Москва : ВНИИЛМ, 1976. – С. 83–104. – Библиогр.: с. 104.
8. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках РСФСР. – Москва : Лесн. пром-сть, 1979. – 175 с. – Библиогр.: с. 173–174.
9. Пошарников, Ф. В. Перспективные технологии выращивания лесопосадочного материала : моногр. / Ф. В. Пошарников, И. В. Казаков ; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2007. – 290 с. – Библиогр.: с. 282–286. – ISBN 978-5-7994-0259-4.
10. Dureya, M. L. Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings / M. L. Dureya, T. L. Landis. – M. Nijhoff / Dr W. Junk Publishers. – The Hague/Boston/Lancaster, for Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis, 1984. – 386 p.
11. Hallman, R. G. Equipment for Forest Nurseries / R. G. Hallman. – Part of the Forestry Sciences book series (FOSC, volume 11). – 1984. – P. 17–24.
12. Liegel, L. H. A Technical Guide for Forest Nursery Management in the Caribbean and Latin America / L. H. Liegel. – U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1987. – 156 p.
13. Lopushinsky, W. Relationship of shoot-root ratio to survival and growth of outplanted Douglas-fir and ponderosa pine seedlings / W. Lopushinsky. – U.S.D.A. Forest Serv., Pacific NW Forest and Range Exp. Sta., Portland, Oregon. Res. Note PNW-274. – 1976. – 7 p.
14. Mullin, R. E. Root pruning of nursery stock / R. E. Mullin // Forestry Chronicle. – 1966. – Vol. 42. – P. 256–264.

References

1. Bartenev I.M., Drapalyuk M.V., Kazakov V.I.; ed. by I.M. Bartenev. *Sovershenstvovanie tekhnologii i sredstv mekhanizatsii lesovosstanovleniya: monografiya* [Improvement of technologies and means of mechanization of forest regeneration: a monograph]. M.: FLINTA: Nauka, 2013, 208 p. ISBN 978-5-9765-1746-2 (in Russian).
2. Vyalkova P.F. *Vybor tipa i obosnovanie osnovnykh parametrov rabochnykh organov dlya otdeleniya kornej ot pochvy na vykopochno-vyborochnykh mashinah: avtoref. diss. ... d-ra tekhn. nauk* [Choice of type and justification of the

main parameters of working bodies for separation of roots from soil on digging-selective machines: specialty 05.06.02 "Machines and mechanisms for logging, logging, forestry and woodworking industries: DSc thesis abstract]. Vyalkova Polina Fedorovna. Voronezh, 1975. 25 p. (in Russian).

3. Drapalyuk M.V. *Perspektivnye tekhnologii vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnyh pitomnikah: monografiya* [Promising technologies for growing planting material in forest nurseries: a monograph]. Voronezh, 2006. 247 p. ISBN 5-9273-0974-7 (in Russian).

4. Kazakov V.I. *Tekhnologii i mekhanizatsiya vyrashchivaniya posadochnogo materiala v pitomnikah lesnoj zony: monografiya* [Technologies and mechanization of growing planting material in nurseries of the forest zone: a monograph]. M.: VNIILM, 2001. 186 p. (in Russian).

5. Kazakov I.V. *Mashiny i oborudovanie dlya lesnyh pitomnikov* [Machines and equipment for forest nurseries]. Pushkino, VNIILM, 2004. 60 p. (in Russian).

6. Kazakov V.I., Kazakov I.V. (2015) *Analiticheskie issledovaniya processa razrusheniya pochvennogo plasta vykopchnoy mashinoy s aktivnymi rabochimi organami* [Analytical studies of the process of destruction of the soil formation by a digging machine with active working bodies]. *Lesotekhnicheskiy zhurnal* [Forestry Engineering Journal], Vol. 5, № 3, pp. 220-228 (in Russian).

7. Klimov G.B., Pozhilov E.I. *Vykopchnye orudiya i mashiny, ih konstrukciya, parametry rabochih organov i elementy rascheta* [Digging tools and machines, their design, parameters working bodies and the elements of the calculation]. *Research and substantiation of parameters of new forestry machines: sat. tr. M.*, VNIILM, 1976. pp. 83-104 (in Russian).

8. *Nastavlenie po vyrashchivaniyu posadochnogo materiala drevesnyh i kustarnikovyh porod v lesnyh pitomnikah RSFSR* [Instruction on the cultivation of planting material of wood and tartar species in the forest nurseries of the RSFSR]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1979. 175 p. (in Russian).

9. Posharnikov F.V., Kazakov I.V. *Perspektivnye tekhnologii vyrashchivaniya lesoposadochnogo materiala: monografiya* [Promising technologies for growing planting material: a monograph]. Voronezh, 2007. 290 p. ISBN 978-5-7994-0259-4 (in Russian).

10. Duryea M.L., T.D. Landis (1984). *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. Martinus Nijhoff / Dr W. Junk Publishers. The Hague / Boston / Lancaster, for Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis. 386 p.

11. Hallman R.G. (1984). *Equipment for Forest Nurseries*. Part of the Forestry Sciences book series (FOSC, volume 11), pp. 17-24.

12. Liegel L.H. (1987) *A Technical Guide for Forest Nursery Management in the Caribbean and Latin America*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 156 p.

13. Lopushinsky W. (1976) *Relationship of shoot-root ratio to survival and growth of outplanted Douglas-fir and ponderosa pine seedlings*. U.S.D.A. Forest Serv., Pacific NW Forest and Range Exp. Sta., Portland, Oregon. Res. Note PNW-274. 7 p.

14. Mullin R.E. (1966) *Root pruning of nursery stock*. *Forestry Chronicle* 42: pp. 256-264.

Сведения об авторе

Казakov Игорь Владимирович – кандидат технических наук, заведующий отделом механизации лесохозяйственных работ и стандартизации ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», г. Пушкино, Российская Федерация, e-mail: igor.kazakov2015@bk.ru.

Information about the author

Kazakov Igor Vladimirovich – PhD (Engineering), Head of the Department of mechanization of forestry works and standardization, FBI "All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization of Forestry", Pushkino, Russian Federation; e-mail: igor.kazakov2015@bk.ru.