



УДК 630*232.427

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.65

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ И КОМПОНОВКИ ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСАДКИ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ОПУСТЫНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

С.Н. Орловский, канд. техн. наук, доц.

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, д. 90, г. Красноярск, Россия, 660049; e-mail: orlovskiysergey@mail.ru

Существующие технологии посадки саженцев лесных культур и их полива во влагодефицитных районах России не обеспечивают удовлетворительной приживаемости. Полив лесных культур в лесополосах производится, как правило, «под корень» посредством шланга из емкости с водой. При этом расход воды на одно растение составляет 20...30 л, из которых 90 % рассеивается в почве или испаряется. Цель работы – обоснование конструктивных и геометрических параметров, режимов работы дискофрезерного рабочего органа орудия для прокладки щелей под посадку лесных культур в лесополосах с одновременной укладкой поливочного шланга и разметкой посадочных мест, а также компоновочной схемы тракторного агрегата, режимов резания минеральных грунтов, конструктивных и геометрических параметров рабочих органов. Метод исследования – оптимизация параметров агрегата и его рабочего органа посредством расчета затрат мощности на выполнение технологического процесса по его элементам. Результаты исследования – конкретные значения углов заострения и установки резцов дисковой фрезы, скоростей резания и движения, баланс мощности агрегата и его производительность. Область применения – посадка лесных полос на опустыненных территориях в условиях дефицита воды для полива лесных культур в первые 5-6 лет после посадки. На основании полученных результатов возможно обосновать конструкцию и компоновку тракторного агрегата с рабочим органом в виде дисковой фрезы и шлангоукладчика, определить конструктивные и геометрические размеры рабочего органа, а также затраты мощности по элементам технологического процесса. Это позволит увеличить производительность труда, уменьшить нарушения почвенного покрова и сократить затраты на посадку лесных полос.

Ключевые слова: подкорневой полив, технологии посадки и полива саженцев, прокладка шланга, компоновка и конструкция агрегата.

Для цитирования: Орловский С.Н. Обоснование технологии применения и компоновки тракторного агрегата для посадки лесных полос на опустыненных территориях // Лесн. журн. 2017. № 6. С. 65–75. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.65

Введение

Лесоразведение в южных засушливых степях стало развиваться в конце XVIII – начале XIX в. [1]. В Советской России с 1923 г. в районах засушливой зоны стали создаваться новые участки с лесными полосами. К началу Великой Отечественной войны уже было 450 тыс. га полезащитных лесных полос.

Лесные полезащитные полосы, растущие в открытой степи, представляют естественную преграду для ветров, собирая снег в виде отлогих сугробов, создают более благоприятные условия для накопления влаги на прилегающих полях [3].

При посадке лесных полос возникают проблемы механизации работ, так как посаженные в сухую нечерноземную почву лесные культуры, как правило, без полива не приживаются. Полив лесных культур в лесополосах производится «под корень» посредством шланга от емкости с водой или автомобиля-водовоза. Расход воды на одно растение при этом составляет 20...30 л, из которых 90 % не усваивается корнями, а рассеивается в почве и испаряется. Полив дождеванием на привозной воде дорог, существующие подкорневые системы полива сложны и трудоемки в изготовлении, капельное орошение требует прокладки большого количества коммуникаций и распределительных устройств [4, 10].

По данным профессора А.Г. Гаеля, без проведения поливов лесных культур количество физиологически доступной влаги в корнеобитаемом слое (до 0,4 м) песчаных почв с учетом максимальной молекулярной влагоемкости составляет 0,5...1,0 %, легко-супесчаных – 1,0...1,5 %, супесчаных – 1,5...2,0 %. Этого явно недостаточно для роста лесных культур [1]. Необходимо отметить, что потребность в поливе отпадает после достижения корневыми системами лесных культур насыщенных влагой слоев почвы. Практически это происходит через 5-6 лет после посадки лесных полос.

Объекты и методы исследования

Цель работы – создание оборудования для посадки полезащитных лесных полос на опустыненных территориях, которое позволит механизировать данный процесс, повысить производительность труда и качество работ, облегчить условия труда и снизить затраты энергии на выполнение технологического процесса.

Это может быть обеспечено оснащением тракторного агрегата специальным оборудованием по прокладке щелей под посадку с одновременной укладкой поливочного шланга и разметкой посадочных мест. Достоинством предлагаемой технологии орошения является снижение объемов воды, используемой для полива одного саженца, до 1,25...1,75 л, т. е. в 20–30 раз меньше того количества, которое предполагается по технологии прямого поверхностного полива. Подкорневой полив и подкормка растений обеспечат в засушливых районах страны их приживаемость в период роста. Система

подкорневого полива, работающая в автоматическом режиме без внешних источников энергии, по сравнению с поверхностным поливом экономит более 90 % воды.

Нами предложено оптимизировать конструкцию орудия для прорезания щелей в грунте по трассам будущих лесных полос и прокладки перфорированных пластмассовых шлангов для подкорневого полива и подкормки саженцев; разработать систему дозированной подачи воды для полива; изучить влияние конструкции рабочего органа щелерезного орудия на энергоемкость технологического процесса тракторного агрегата.

Экспериментальные исследования были выполнены на созданной автором машине дискофрезерной мерзлотной (МДМ) и стационарном поливочном баке при посадке лесных полос в Бейском районе Республики Хакасия в 1985 г. [6]. Проведены измерения крутящего момента на валу фрезы и частоты его вращения, усилий резания на резцах, скорости движения агрегата и тягового сопротивления орудия. Результаты измерений записывались с помощью осциллографа и обрабатывались с применением современных информационных технологий [9] по методике [5, 8]. При прокладке щелей с укладкой поливочных шлангов фиксировалась рабочая скорость агрегата, при поливе – расход воды.

При прорезании щелей для посадки саженцев в минеральных грунтах с каменистыми включениями и одновременной прокладке поливочных шлангов использовался агрегат на базе трактора ДТ-75МХ (с ходоуменьшителем) или его аналога с щелерезным орудием и шлангоукладчиком (рис. 1, а, б).

В конструкцию агрегата входит орудие с дискофрезерным рабочим органом, предназначенное для прорезания щелей в грунте с одновременной прокладкой поливочных шлангов. Оно состоит из хребтовой сварной рамы, на которой смонтирован двухступенчатый коническо-цилиндрический редуктор. На выходном валу редуктора установлена дисковая фреза диаметром 1100 мм, по окружности которой в пазах смонтированы три группы резцов (24 шт.) с твердосплавными рабочими кромками. При износе резцы переставляются на другую режущую грань без переточки.

Орудие навешивается на прицепную серьгу трактора, перевод его в транспортное положение производится раскосами подъемных рычагов, привод активного рабочего органа осуществляется от вала отбора мощности (ВОМ) трактора посредством карданного вала. В передней части трактора смонтирована шланговая катушка, предназначенная для установки бухты (длина шланга – до 500 м). Управление навеской катушки производится с помощью гидроцилиндра, обзор катушки при навешивании и работе обеспечивается зеркалами. По периметру трактора и орудия установлен шлангоукладчик, состоящий из системы труб, позволяющей укладывать поливочный шланг в щель. Масса агрегата – 800 кг, глубина прорезаемой щели – 0,4 м, ширина щели – 0,12 м, рабочая скорость – 0,27 м/с, скорость резания – 3,88 м/с [6].

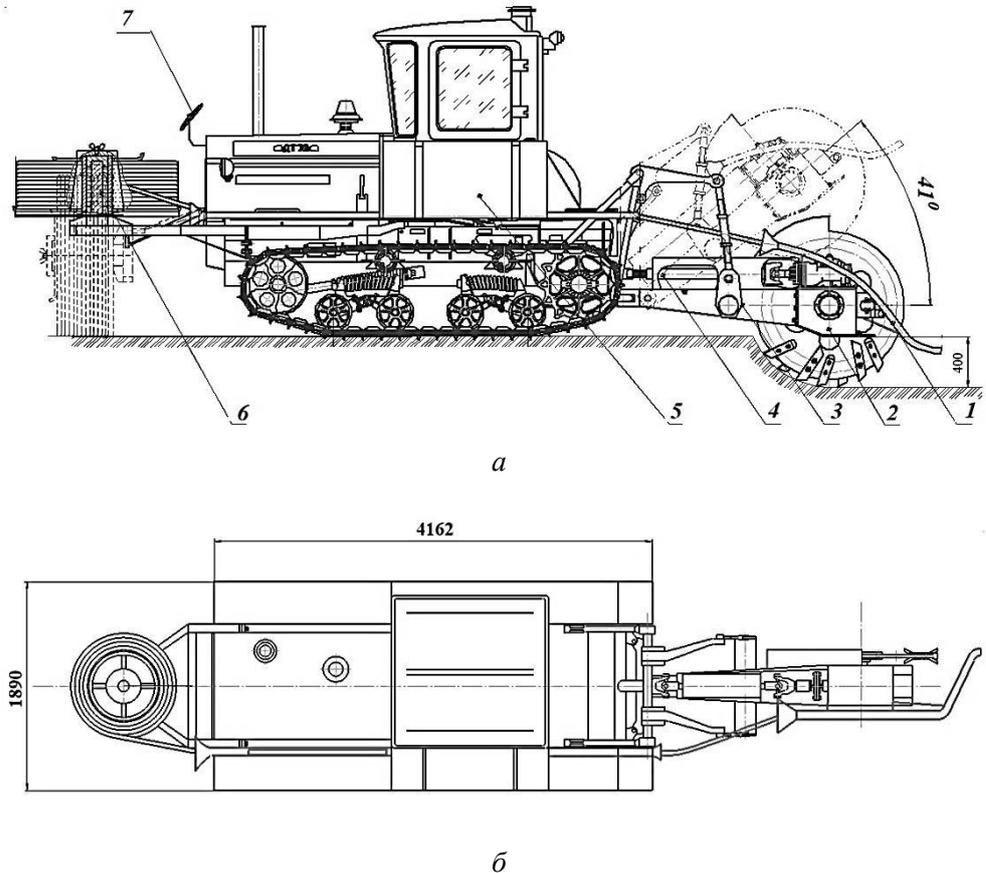


Рис. 1. Агрегат для прокладки шлангов подкорневого полива саженцев лесных культур: *а* – вид сбоку, *б* – вид сверху; 1 – шлангоукладчик, 2 – редуктор с фрезой, 3 – рама орудия, 4 – кардан, 5 – трактор ДТ-75 МХ, 6 – гидроуправляемая шланговая катушка, 7 – зеркало обзора катушки

Орудие работает следующим образом:

агрегат подъезжает к месту посадки, включается привод рабочего органа и в грунте прорезается щель протяженностью 4...5 м:

после прорезания щели агрегат останавливается, оператор протягивает шланг по системе шлангоукладчика, затем (в зависимости от направления движения агрегата) или устанавливает в шланг заглушку и закрепляет его удерживающим пальцем на дне щели, или прикрепляет к шлангу головку для соединения с рукавом прицепа-резервуара и закрепляет шланг на выходе из щели при помощи хомута;

агрегат продолжает движение до конца гона с прорезанием щели, размоткой и укладкой в нее шланга;

в конце гона в шланг вставляют (в зависимости от направления движения) или заглушку, или соединительную головку;

по окончании гона трактор переезжает на следующий гон, оператор производит смену шланговой катушки и повторяет операции;

после прорезания полос оператор подает воду в поливочные шланги и на смоченных местах высаживает лесные культуры, засыпает щели;

в намеченных заранее точках, между прорезанными полосами, устанавливается прицеп-резервуар, который при помощи раздаточных рукавов соединяется с поливочными шлангами для осуществления полива;

вода в прицепе-резервуаре пополняется из автомобиля-водовоза.

По предлагаемой технологии за сезон может быть обработано 1593 га.

Результаты исследования и их обсуждение

Рабочая скорость перемещения орудия в расчетах принята по аналогии с существующим орудием МДМ конструкции СибНИИГиМ, диаметр фрезы по концам ножей (1100 мм) выбран из расчета достижения требуемой глубины щели 400 мм. Конструкция фрезы представлена на рис. 2, ее резцов – на рис. 3, а и б.

На стадии проектирования аналитическим методом определены оптимальные конструктивные и геометрические параметры рабочего органа. Расчеты произведены по алгоритму, изложенному в работах [7, 8]. Для оптимизации параметров использовалась разработанная с участием автора компьютерная программа Freza_n, предназначенная для анализа затрат энергии на прокладку щелей в минеральных и торфяных грунтах по элементам технологического процесса на основании математической модели технологического

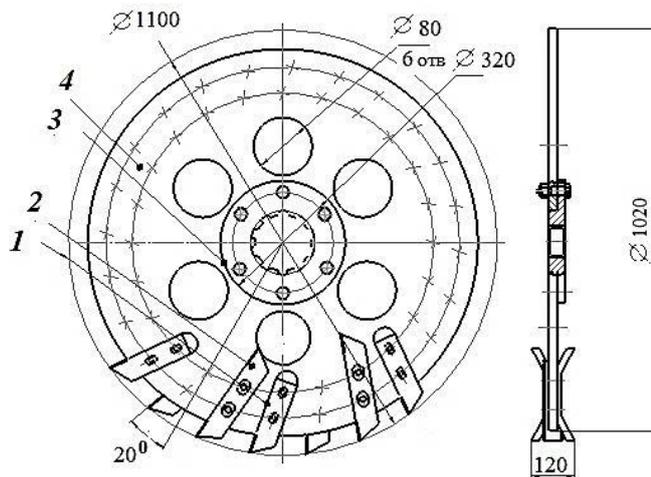


Рис. 2. Фреза агрегата для прокладки шлангов подкорневого полива: 1 – резец прямой, 2 – резец отогнутый, 3 – ступица, 4 – диск фрезы

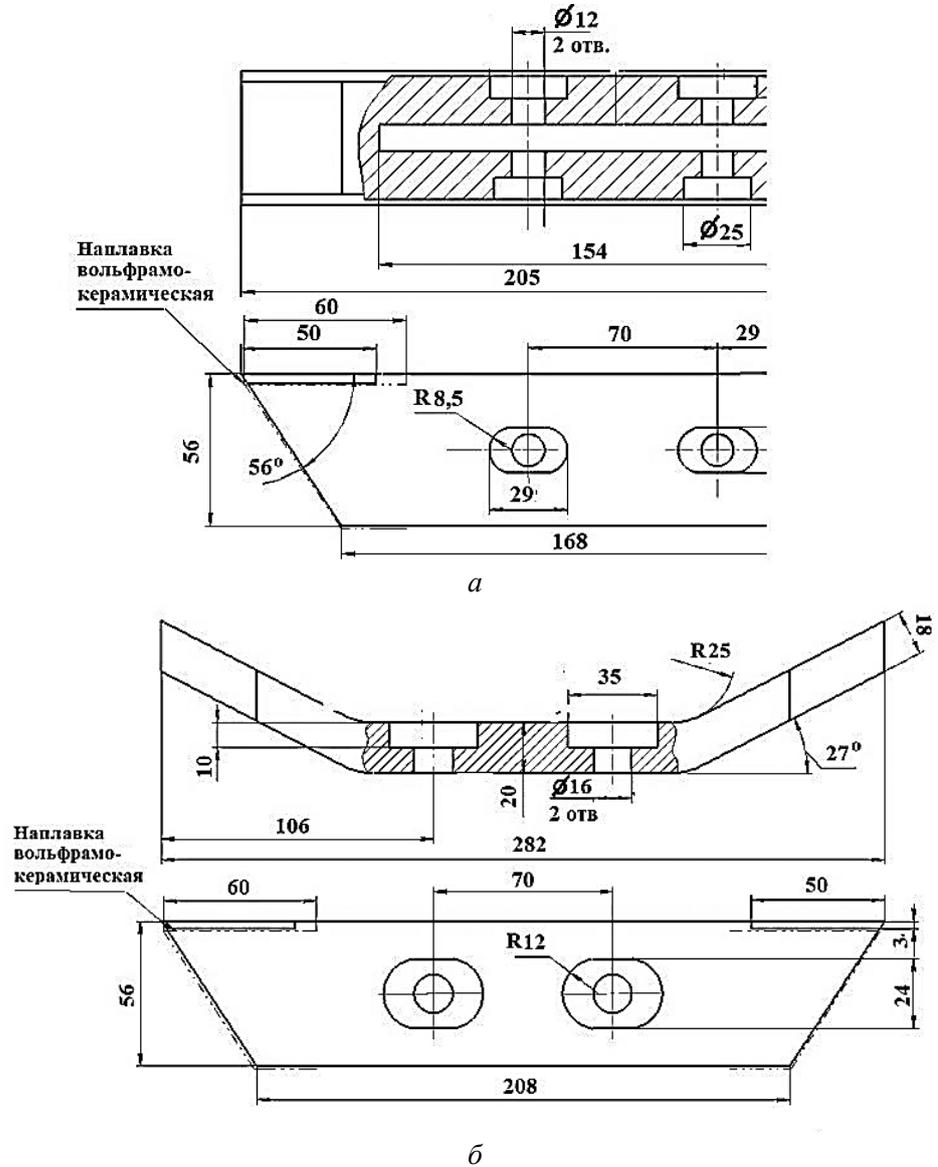


Рис. 3. Резцы фрезы: а – прямой, б – отогнутый

процесса резания почв с подстилкой и живым напочвенным покровом дисковыми фрезами при заданных в качестве констант свойствах почв; программа производит определение оптимальных технологических режимов резания, конструктивных и геометрических параметров рабочих органов щелерезных агрегатов с активными рабочими органами за счет варьирования скоростями резания и движения, углами установки резцов и резания, а также конструктивными параметрами рабочих органов. Объем программы – 270 Кбайт [9].

Исходные сведения о проектируемом орудии и физико-механические свойства разрабатываемого грунта для ввода в программу приведены в таблице.

Исходные данные проектируемого орудия и физико-механические свойства разрабатываемого грунта

Параметры	Значение
Диаметр фрезы по концам режущих ножей, м	1,1±0,02
Глубина фрезерования, м	0,4
Ширина щели, м	0,12
Число резцов (групп резцов), шт.	24 (3 по 8)
Угол резания, ...°	40...90
Пнистость разрабатываемой среды (грунта)	0,05
Ширина лезвия резца, м	0,03
Коэффициент сопротивления вязкопластическому течению грунта	7 800
КПД отбрасывания разрабатываемого материала	0,85
КПД трансмиссии	0,9
Показатели физико-механических свойств грунта:	
угол внешнего трения, ...°	24,5°
коэффициент внешнего трения	0,45
угол внутреннего трения, ...°	29,0°
коэффициент внутреннего трения	0,56
удельный вес грунта, Н/м ³	17 850
предельное напряжение сдвига, Па	42 000

Согласно результатам расчетов оптимальный угол резания составил 70 °, рабочая поступательная скорость – 0,27 м/с, скорость резания – 3,88 м/с. Результаты расчетов баланса затрат мощности (N , Вт) на прокладку полос в почвах по элементам технологического процесса в программе Freza_n: резание – 2487,7; экскавация – 16730; прорезание древесных включений – 1344,28; отбрасывание продуктов резания – 124,2; трение в трансмиссии привода фрезы – 2068,62; очистка берм – 302,4; передвижение трактора – 2443; протаскивание орудия – 1722. Суммарные затраты мощности на выполнение технологического процесса – 27221,9 Вт.

Затраты мощности на передвижение агрегата и потери мощности в элементах его конструкции рассчитываются по методикам [2, 6] и в данной статье не приводятся.

С учетом баланса затрат мощности коэффициент загрузки двигателя тракторного агрегата при данных скоростных режимах резания и движения составит 0,7, что свидетельствует о соответствии разрабатываемого орудия базовому трактору по тяговому сопротивлению и потребляемой мощности на вал отбора мощности (ВОМ).

Ввиду того, что в базовом тракторе ДТ-75 МХ скорость вращения ВОМ составляет 540 мин⁻¹, имеется возможность отказаться от изготовления специального редуктора привода фрезы орудия и использовать стандартный.

По передаточному числу, исходя из требуемой скорости резания (3,88 м/с) дисковой фрезы, подходит редуктор заднего моста автомобиля КамАЗ 5320, дополненный цилиндрической передачей к масляному насосу для смазки конической пары зубчатых колес ввиду измененного направления вращения (рис. 4).

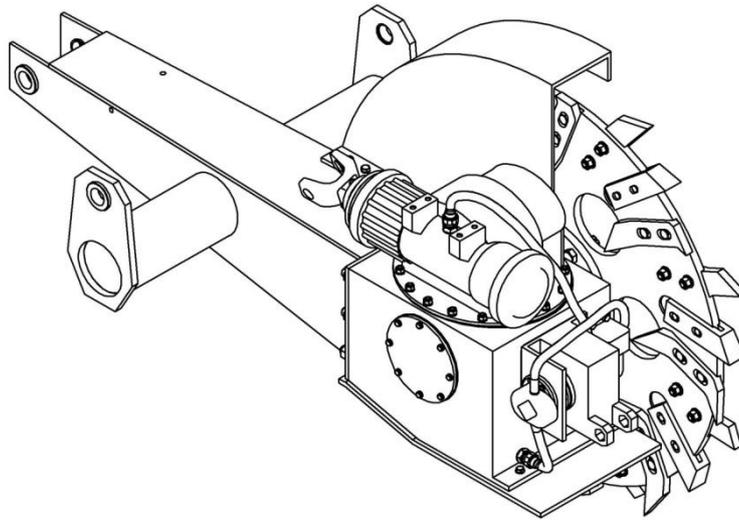


Рис. 4. Орудие для прорезания щелей в грунте под посадку ползащитных лесных полос

Заключение

Применение предлагаемого тракторного агрегата для создания ползащитных лесных полос на опустыненных территориях позволяет снизить трудоемкость работ, повысить приживаемость лесных культур по сравнению с применяемыми в настоящее время технологиями. Наиболее это ощутимо, когда работы проходят на больших площадях.

Разработанная нами технология имеет следующие преимущества перед аналогами:

нарезка щелей и прокладка поливочных шлангов осуществляется за одну операцию;

сводится к минимуму ручной труд;

исключается труд, связанный с переноской и подъемом тяжестей;

сокращаются сроки проведения работ;

повышается производительность труда;

снижаются затраты материалов и энергии;

исключаются строительные-монтажные работы.

Особенности предлагаемых технологии и оборудования:
удобство монтажа щелерезного орудия на отечественные трактора;
возможность подачи растворов удобрений непосредственно к корням деревьев;

возможность использования оборудования на удаленных участках.

Применение разработанного нами оборудования для посадки и выращивания лесных полос на вододефицитных территориях позволяет обеспечить использование ранее пустынных земель в сельском и лесном хозяйстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бодров В.А. Лесная мелиорация: учеб. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 270 с.
2. Герасимов М.И., Кухар И.В. Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды: метод. указания по курсовому проектированию для студентов специальностей 17.11.00, 32.08.00. Красноярск: СГТУ, 1999. 48 с.
3. Каргов В.А. Лесные полосы и увлажнение полей. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 120 с.
4. Костяков А.Н. Основы мелиораций. 6-е изд. М.: Сельхозгиз, 1960. 621 с.
5. Орловский С.Н. Определение энергетических и динамических параметров тракторов, режимов резания активных рабочих органов машинно-тракторных агрегатов: моногр. Красноярск: КрасГАУ, 2011. 376 с.
6. Орловский С.Н. Орудие для посадки лесных полос на опустыненных территориях // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф., 27-28 нояб. 2013 г. Красноярск: СибГТУ, 2013. С. 203–206.
7. Орловский С.Н. Обоснование технологии применения и компоновки тракторного лесопожарного грунтомета // Лесн. журн. 2014. № 3. С. 79–85. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. Орловский С.Н., Карнаухов А.И. Теоретические предпосылки к обоснованию параметров и режимов работы роторных рабочих органов // Лесн. журн. 2012. № 4. С. 70–76. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007610363, заявка № 2006613951. Расчет энергоемкости резания лесных почв с подстилкой торцовыми фрезами и затрат мощности на резание и выполнение технологического процесса (Fresa_n) / С.Н. Орловский, С.В. Комиссаров, А.И. Карнаухов. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.01.2007.
10. Payero J.O., Yonts C.D., Irmak S., Tarkalson D. Advantages and Disadvantages of Subsurface Drip Irrigation // University of Nebraska-Lincoln Extension Publication Ec776. Lincoln, USA: University of Nebraska-Lincoln Publ., 2005. Pp. 1–8.

Поступила 02.05.17

UDC 630*232.427

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.65

Technology and Structural Configuration of a Tractor Unit for Forest Strip Planting in Desertified Territories

S.N. Orlovskiy, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Krasnoyarsk State Agrarian University, pr. Mira, 90, Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation; e-mail: orlovskiysergey@mail.ru

The existing technologies of forest planting and irrigation in arid regions in Russia do not provide satisfactory seedling survival ability. Surface dripping watering of forest plantations in forest strips is usually conducted by means of a hose from a container with water. Water consumption per plant is 20...30 liters, 90 % of which are dispersed in soil or evaporate. The goal of research is to substantiate the structural and geometric parameters, operation modes of a disco-milling operating device of a unit for simultaneous laying of forest planting trenches and a garden hose and planting sites mapping, as well as a layout diagram of a tractor unit, regimes of mineral soil cutting, structural and geometric parameters of operative parts. The research method includes optimization of the unit parameters and its operating device by calculating the power expenditure for each technological process stage. The research results are specific values of the cutting edge angles and tool setting of a side mill, cutting and traversing speed, power balance and unit capacity. The scope is the forest strips planting in desertified territories suffering from water deficit to irrigate forest plantations during the first 5-6 years after planting. The obtained results enable us to substantiate the structural configuration of a tractor unit with a working member in the form of a side milling cutter and a hose chain, to determine the structural and geometric dimensions of the working element, as well as the power expenditure for the stages of the technological process. This will increase labor productivity, reduce soil disturbance and the costs of forest strips planting.

Keywords: subsurface irrigation, technology of planting and watering of seedlings, hose laying, unit arrangement and configuration.

REFERENCES

1. Bodrov V.A. *Lesnaya melioratsiya* [Forest Reclamation]. Moscow; Leningrad, Goslesbumizdat Publ., 1952. 270 p. (In Russ.)
2. Gerasimov M.I., Kukhar I.V. *Mashiny i oborudovanie prirodoobustroystva i zashchity okruzhayushchey sredy* [Machinery and Equipment for Environmental Management and Environmental Protection]. Krasnoyarsk, Gagarin State Technical University of Saratov Publ., 1999. 48 p. (In Russ.)
3. Kargov V.A. *Lesnye polosy i uvlazhnenie poley* [Forest Strips and Moistening of Fields]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1971. 120 p. (In Russ.)

For citation: Orlovskiy S.N. Technology and Structural Configuration of a Tractor Unit for Forest Strip Planting in Desertified Territories. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2017, no. 6, pp. 65–75. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.65

4. Kostyakov A.N. *Osnovy melioratsiy* [Fundamentals of Reclamation]. Moscow, Sel'khozgiz Publ., 1960. 621 p. (In Russ.)

5. Orlovskiy S.N. *Opredelenie energeticheskikh i dinamicheskikh parametrov traktorov, rezhimov rezaniya aktivnykh rabochikh organov mashinno-traktornykh agregatov* [Determination of Energy and Dynamic Parameters of Tractors, Modes of Cutting of Active Operating Devices of Machine and Tractor Units]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Agrarian University Publ., 2011. 376 p. (In Russ.)

6. Orlovskiy S.N. *Orudie dlya posadki lesnykh polos na opustynennykh territoriyakh* [A Tool for Forest Strips Planting in Desertified Territories]. *Tekhnologii i oborudovanie sadovo-parkovogo i landshaftnogo stroitel'stva: sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Technology and Equipment for Landscape Gardening and Landscape Construction: Proc. All-Russ. Sci. Practical Conf., 27–28 November 2013]. Krasnoyarsk, Siberian State Technological University Publ., 2013, pp. 203–206. (In Russ.)

7. Orlovskiy S.N. *Obosnovanie tekhnologii primeneniya i komponovki traktornogo lesopozharnogo gruntometata* [Technology and Structural Configuration of a Fire-Fighting Soil-Thrower]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2014, no. 3, pp. 79–85.

8. Orlovskiy S.N., Karnaukhov A.I. *Teoreticheskie predposylki k obosnovaniyu parametrov i rezhimov raboty rotornykh rabochikh organov* [Theoretical Background of Rotary Tools Parameters and Operating Modes]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2012, no. 4, pp. 70–76.

9. Orlovskiy S.N., Komissarov S.V., Karnaukhov A.I. *Raschet energoemkosti rezaniya lesnykh pochv s podstilkoy tortsovymi frezami i zatrat moshchnosti na rezanie i vypolnenie tekhnologicheskogo protsessa (Fresa_n)* [Calculation of Energy Intensity of Cutting of Forest Soils with Litter by End Mills and the Cost of Power to Cut and Perform the Technological Process (Fresa_n)]. Certificate of registration of a computer program, no. 2007610363, 2007.

10. Payero J.O., Yonts C.D., Irmak S., Tarkalson D. *Advantages and Disadvantages of Subsurface Drip Irrigation. University of Nebraska-Lincoln Extension Publication Ec776*. Lincoln, USA, University of Nebraska-Lincoln Publ., 2005, pp. 1–8.

Received on May 02, 2017
