

## МЕХАНИЗИРОВАННЫЙ УХОД В ЛЕСНЫХ ЛИНЕЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НА ПОВЫШЕННЫХ СКОРОСТЯХ

доктор технических наук, профессор **И.М. Бартнев**<sup>1</sup>

студент **А.П. Жигунов**<sup>1</sup>

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

Агротехнический уход в лесных культурах, полезащитных и придорожных лесных полосах проводится отдельно и разными рабочими органами – в междурядьях лаповыми культиваторами, в рядах и защитных зонах – ротационными зубowymi и лопастными рабочими органами, приводимыми во вращение от реакции почвы. Причина состоит в несовместимости стрелчатых лап и ротационных рабочих органов в одной конструкции культиватора по скоростному режиму – первые эффективны при скорости движения до 6...8 км/ч, а вторые – при 9...12 км/ч. В статье рассматривается решение проблемы совмещения ухода в рядах и междурядьях за один проход агрегата на повышенных скоростях движения (9-12 км/ч) за счет изменения конструкции и параметров лапового рабочего органа, а также рабочего процесса обработки почвы. Предложен двухмодульный рабочий орган, в котором стрелчатая лапа устанавливается не впереди, а за стойкой на специальном поводке, на расстоянии, обеспечивающем поэтапную деформацию почвы. На лапе установлены вертикальные пластины – стабилизаторы, предотвращающие «рыскание» культиватора на повышенных скоростях и уменьшающие гребнистость поверхности. На передней грани стойки установлен наральный, полукруглый в поперечном сечении. Стрелчатая лапа без хвостовика, крылья ее установлены под углом крошения 18 °.

**Ключевые слова:** ротационный рабочий орган, стрелчатая лапа, культиватор, скорость, эффективность, уход, междурядье, ряд, защитная зона.

## MECHANIZED CARE IN FOREST LINEAR PLANTATIONS AT HIGHER SPEEDS

DSc (Engineering), Professor **I.M. Bartenev**<sup>1</sup>

Student **A.P. Zhigunov**<sup>1</sup>

1- FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh,  
Russian Federation

### Abstract

Agrotechnical care in forest cultures, field shelter and roadside forest belts is carried out separately and by different working bodies - in the aisle rows - by paw cultivators, in rows and protective zones - by rotary dental and paddle working units driven by rotation from the soil reaction. The reason is incompatibility of duckfoot and rotational working elements in the same construction of the cultivator in terms of the speed regime - the first are effective at speeds of up to 6 ... 8 km/h, and the second ones - at 9 ... 12 km/h. The article deals with the solution of the problem of combining care in rows in one pass of the unit at increased speeds (9-12 km/h) due to changes in the design and parameters of foot working body, as well as tillage working process. A two-module working body is proposed, in which the pointed foot is not set in front, but behind the stand on a special leash, at a distance that provides step-by-step deformation of soil. There are vertical plates on the foot - stabilizers preventing "yaw" of the cultivator at higher speeds and reducing the

combing of the surface. A point, semicircular in cross section, is mounted on the front edge of the rack. A pointed arm is without a shank; its wings are installed at the angle of crumbling of 18 °.

**Keywords:** rotary working body, pointed foot, cultivator, speed, efficiency, care, row spacing, row, protection zone.

Введение. К линейным насаждениям относятся полевые и придорожные лесные полосы и лесные культуры на раскорчеванных вырубках и землях, вышедших из-под сельхозпользования. Эти насаждения создаются прямолинейными рядами с заданными междурядьями шириной 2,5; 3 и 4 м.

Агротехнический уход проводится в междурядьях, рядах и защитных зонах уже в первый год посадки 3...4 раза в сезон, во второй год – 2...3, в третий – 2 и в последующие по необходимости.

При обработке междурядий применяют культиватор лесной КЛ-2,6, плуги-рыхлители виноградниковые ПРВН-2,5 и ПРВМ-3,0, пропашные культиваторы КРН-3 и КРН-4Г. Рабочими органами культиваторов и плугов-рыхлителей являются двухсторонние стрельчатые лапы универсальные и полольные.

Уход в рядах и защитных зонах осуществляется культиваторами КРЛ-1А при высоте культур хвойных до 0,8 м и лиственных – до 1,0 м и культиватор боковой лесной КБЛ-1А при высоте культур до 2,0 м. В культиваторах применены два типа сменных ротационных рабочих органов – зубовые и многолопастные. При этом количество и сроки проведения уходов в рядах, защитных зонах и междурядьях в большинстве регионов совпадают.

Раздельное проведение уходов в рядах и междурядьях экономически и экологически нецелесообразно. Требуется два агрегата – МТЗ-80/82 + КЛ-2,6 (КРН-3, КРН-4) и МТЗ-80/82 + КРЛ-1А (КБЛ-1А). Коэффициент использования силы тяги трактора особенно в агрегате с культиватором КРЛ-1А или КБЛ-1А составляет не более 0,25. Также недогружен трактор и в агрегате с культиваторами при уходе в междурядьях. Отрицательным фактором является многократный проход техники по междурядьям, что ведет к уплотнению и разрушению структуры почвы движителями энергетических тяговых средств.

Цель исследований. Снижение материальных и трудовых затрат, энергоемкости и вредного воздействия на почву путем совмещения технологических операций ухода в междурядьях, рядах и защитных зонах и выполнения их одним агрегатом за один проход.

Материалы и методы. Объектом исследования являются рабочие органы лаповых культиваторов для ухода в междурядьях, обоснование компоновки и параметров их, обеспечивающих высокое качество выполнения технологической операции на повышенных скоростях, равных рабочим скоростям ротационных рабочих органов, выполняющих рыхление почвы и уничтожение сорняков в рядах и защитных зонах по обе стороны рядка растений.

Выявление и разработка способа повышения устойчивости лаповых рабочих органов и культиватора в целом по глубине обработки почвы и направлению движения на повышенных скоростях (курсовая устойчивость).

Результаты и обсуждения. Стрельчатые лапы и ротационные рабочие органы спроектированы и их параметры подобраны таким образом, что они обеспечивают высокие агротехнические показатели на различных скоростях движения – стрельчатые лапы на скоростях не более 6...8 км/ч, а ротационные – 9...12 км/ч. Следовательно, стрельчатые лапы и ротационные рабочие органы, вращающиеся от реакции почвы при поступательном движении, по своим скоростным режимам несовместимы в одной конструкции культиватора. Эффективность ротационных рабочих органов при снижении скорости снижается и уже при 8 км/ч процент уничтожения сорняков составляет немногим более 50. Решение проблемы возможно только на пути совершенствования технологии рабочего процесса стрельчатых рабочих органов и их конструкции.

Известные рабочие органы лаповых культиваторов – это лапа и стойка, при этом в порядке размещения – лапа впереди и прикреплена к стойке в ее изогнутой нижней части. Почва при этом воз-

действии стрелчатой лапой испытывает напряженное состояние, которое приводит к разрушению подрезаемого почвенного пласта. Наибольшие растягивающие напряжения возникают в плоскости продольной оси симметрии лапы. Именно здесь начинается процесс трещинообразования (рис. 1).

В результате того, что угол подъема груди лапы и хвостовика развивается интенсивнее угла подъема крыльев, первая трещина образуется по оси хвостовки – стойки, которая делит пласт на две части (рис. 1а). Затем трещина развивается, происходит сдвиг с одновременным подъемом пласта. При этом пласт поднимается по крыльям лапы, достигая максимального значения в зоне хвостовик – стойка с одновременным сдвигом в стороны от оси последних (рис. 1б).

При большой ширине хвостовика и лобовой поверхности стойки пласт, вследствие бокового подпора, не сходит полностью с крыльев лапы, а продолжает подниматься по хвостовику и стойке. В связи с тем, что угол подъема хвостовика и стойки по мере подъема вверх все больше развивается, приближаясь к  $90^\circ$ , то пласт под действием собственной силы тяжести обрушивается за задней кромкой крыльев лапы по обе стороны от оси рабочего органа, разламываясь на почвенные отдельности (рис. 1в).

При малой скорости поступательного движения почвенные отдельности укладываются с незначительным смещением в стороны, что не приводит к образованию борозд и гребней по всей соответственно глубине и высоте допустимых значений. Но при переходе на повышенные скорости движения картина в корне меняется.

При увеличении скорости движения более 7 км/ч сокращается время контакта лапы с почвенными частицами, действие лапы на почву от постепенного давления приближается к ударному разрушению. Почвенные отдельности приобретают ускоренное перемещение, в результате возрастают отбрасывание в стороны и степень крошения их. За счет этого гребнистость снижается.

Но вместе с этим рабочие органы культиватора «всплывают», глубина обработки почвы снижается и при скорости 12 км/ч составляет 9,2 см

при установленной глубине 12 см. Это также является еще одной причиной уменьшения гребнистости поверхности, поскольку уменьшается объем отбрасываемой почвы. Они перемешивают почвенные слои, выносят на поверхность нижний влажный слой. Исследования культиватора-рыхлителя ПРВН-2,5 показали, что после его прохода влажность почвы в нижнем горизонте уменьшилась, а в верхнем возросла с 3,05 до 4,3 %, а после прохода культиватора садового КСГ-5 увеличилась с 1,46 до 4,95 %, что в условиях засушливого климата является недопустимым.

Это связано с тем, что в связи с высокой температурой поверхностного слоя почвы в жаркие периоды лета, влага из верхних слоев интенсивно испаряется. Верхний обработанный слой почвы толщиной 4...5 см высыхает полностью. Если же нижние влажные почвенные частицы перемещаются ближе к поверхности поля, то они неизбежно теряют влагу, а верхние сухие и нагретые, попадая в нижние влажные слои, способствуют испарению влаги из них и увеличивают толщину обезвоженного почвенного слоя.

Однако, решать вопрос проведения агротехнического ухода в междурядьях, рядах и защитных зонах за один проход агрегата следует за счет увеличения скорости перемещения стрелчатых лап с 6...8 до 9...12 км/ч. Это возможно и в этом направлении известны работы, анализ которых показывает, что совершенствование лаповых рабочих органов направлено на снижение влияния хвостовика и уменьшение отрицательного воздействия стойки на работу крыльев лапы. Предложена лапа, в которой крылья смещены одно относительно другого по ходу движения [1]. Другой тип скоростной лапы отличается от стандартной тем, что ее угол крошения уменьшен с  $28^\circ$  до  $18^\circ$ . Хвостовик выполнен по одной прямой линии с грудью, которая представляет собой конусную поверхность у носка лапы [3]. Наибольшее внимания заслуживает рабочий орган культиватора, в котором стрелчатая лапа прикреплена к стойке сзади на специальном жестком поводке, на расстоянии от стойки, превышающем путь перемещения почвенных частиц, сходящих со стойки [2].

Рабочий процесс протекает следующим образом (рис. 2). Стойка разрезает пласт почвы в вертикальной плоскости на заданной глубине, затем стрелчатая лапа – в горизонтальной. Почва плавно поднимается по лобовой поверхности стойки, которая выполнена плоской и заканчивается наральником стреловидной формы, затем по наклонным поверхностям крыльев лапы и сходит с них, опускаясь на дно борозды.

При выборе расстояния между стойкой и лапой следует учитывать, что подрезание пласта крыльями лапы начинается после образования впереди стойки трещины и подъема по ее лобовой поверхности почвенных частиц.

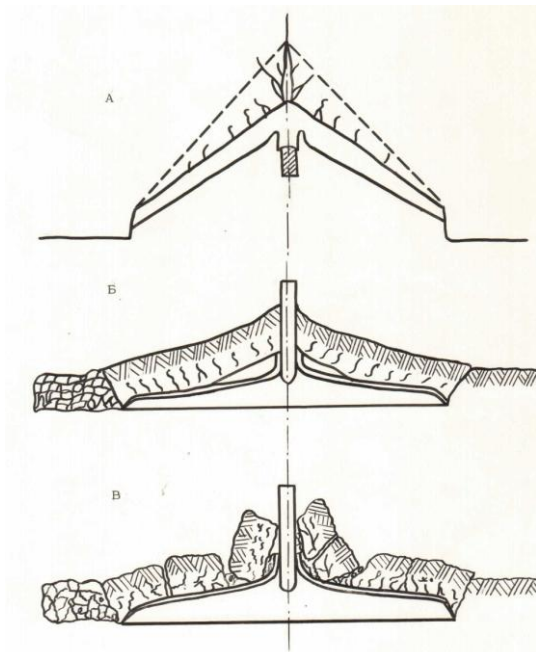


Рис. 1. Деформация почвы стойкой и стрелчатой лапой с хвостовиком

Если рассматривать работу стойки как работу двугранного клина и считать, что в момент начала свободного полета частиц почвы их скорость направлена параллельно поверхности поля, то максимальная дальность полета в направлении движения будет равна [4]

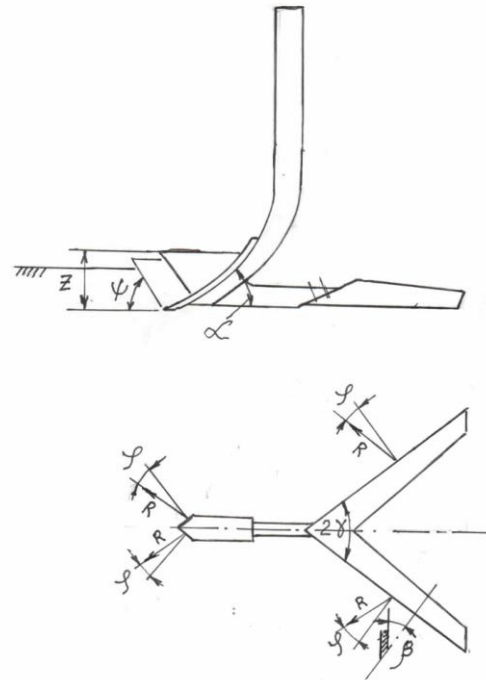


Рис. 2. Схема размещения стрелчатой лапы относительно стойки

$$l_{\text{п}} = V_{\text{п}} \sqrt{\frac{2Z}{g}}, \quad (1)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{см}/\text{с}^2$ ;

$Z$  - высота подъема частиц почвы,  $\text{см}$ ;

$V_{\text{п}}$  - скорость полета, определяемая по формуле [2]

$$V_{\text{п}} = \frac{V_{\text{ар}} \cdot \sin \alpha}{\sin(\gamma \pm \psi)}, \quad \text{см}/\text{с} \quad (2)$$

где  $V_{\text{ар}}$  - скорость движения агрегата,  $\text{см}/\text{с}$ ;

$\alpha$  - угол установки рабочей поверхности стойки к горизонту;

$\psi$  - угол сдвига почвенного пласта;

$\gamma$  - угол, равный  $\gamma = 90^\circ - \varphi$  ( $\varphi$  – угол трения почвы по стали).

За время свободного полета почвенных частиц, отброшенный стойкой,  $\sqrt{\frac{2Z}{g}}$  лапа пройдет путь

$$l' = V_{\text{ар}} \cdot \sqrt{\frac{2Z}{g}} \quad (3)$$

При этом почвенные частицы, отбрасываемые крылом лапы, проходят путь

$$l'_{\text{п}} = V'_{\text{п}} \sqrt{\frac{2 \cdot b_{\text{п}} \cdot \sin \beta}{g}}, \quad (4)$$

где  $V'_п$  - скорость полета частиц при воздействии крыла лапы, см/с;

$b_л$  - ширина крыла лапы, см;

$\beta$  - угол установки крыла лапы к горизонту (угол крошения).

Скорость полета почвенных частиц равна

$$V'_п = \frac{V_{ар} \cdot \sin \beta}{\sin (\gamma + \psi)}, \text{ см/с} \quad (5)$$

Таким образом, при воздействии лапы дальность (4) и скорость (5) полета почвенных частиц существенно меньше, чем при воздействии стойки (1) и (2) соответственно. Это связано с тем, что почва скользит по передней грани стойки и поднимается в несколько раз выше, чем это имеет место при движении лапы. И как следует из формулы (5), чем меньше угол крошения  $\beta$  крыла лапы, тем меньше сдвиг отбрасывания почвенного пласта. Значение угла  $\beta$  принято равным  $18^\circ$ . Кроме того, грудь лапы, установленной за стойкой, не имеет контакта с почвой. Все это позволяет рассматривать стойку и лапу как два самостоятельных рабочих органа и вызываемые ими перемещения почвенных частиц не накладываются друг на друга.

Отрицательными элементами в работе стойки, оборудованной наральником, являются образование борозды, что увеличивает зону воздействия на почву и тяговое сопротивление. Эти недостатки устраняются, если наральник выполнить не плоским, а полукруглым или клинообразным в поперечном сечении.

Исследованиями, проведенными Зелениным А.Н. [5], установлено, что перед плоским деформатором образуется уплотненное ядро грунта, ширина которого превышает толщину деформатора, и является наиболее энергоемким. Уплотненное ядро формируется на профилях деформатора круглого сечения и полностью отсутствует у деформатора в виде клина при угле в плане менее  $50^\circ$ . Деформируемая ими почва при поступательном движении не поднимается вверх, а сдвигается практически равномерно в обе стороны. При перемещении стойки с наральником полукруглого сечения сдвиг почвы, вперед и вверх, по сравнению с плоским наральником меньше в 2,7 и 1,8 раза соответственно.

Наиболее простым способом исключения «рыскания» культиватора и стабилизации его хода на повышенных скоростях является способ, основанный на использовании сопротивления почвы боковым силам. Этот способ используется в лемешных плугах путем установки полевой доски в каждом корпусе. Широко используются черенковые и дисковые ножи для стабилизации орудий в горизонтальной плоскости и другие устройства.

В новом двухмодульном рабочем органе культиватора стойка, перемещаясь на большей глубине, чем следующая за ней стрельчатая лапа уже является своего рода стабилизатором, препятствующим отклонению орудия при появлении разницы в величине сил сопротивления, действующих с боковых сторон. Но этого недостаточно. Для повышения устойчивости, предотвращения разброса почвы в стороны и выравнивания поверхности, в новом рабочем органе на каждом крыле лапы установлены вертикальные пластины – стабилизаторы (рис. 3) [5].

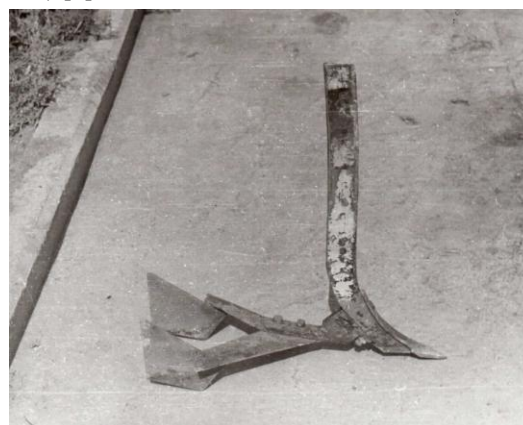


Рис. 3. Экспериментальный рабочий орган культиватора

При внедрении рабочего органа в почву и поступательном движении пласт разрезается в вертикальной плоскости наральником. Крылья лапы подрезают пласт в горизонтальной плоскости. Верное распределение нормальных напряжений со стороны наральника вследствие его полукруглой формы в поперечном сечении определяет минимальные значения ширины борозды, высоту гребней и сдвига почвы в стороны по следу прохода стойки. Верхние грани пластин, идущие по осям

образовавшихся гребней, заравнивают борозду по следу стойки и выравнивают поверхность. Нижние грани пластин, расположенные ниже плоскости лезвия крыльев лапы и перемещающиеся в твердом почвенном горизонте выполняют роль стабилизаторов с одновременным рыхлением его. При увеличении скорости движения культиватора универсального КУН-4, оборудованного экспериментальными рабочими органами (рис. 4), с 2,8 до 11,0 км/ч гребнистость поверхности остается почти без изменения (рис. 5) и не превышает 3,5 см. У серийного культиватора КПН-4Г гребнистость с увеличением скорости в пределах 2,8...11,0 км/ч снижается с 8,9 до 3,2 см за счет отбрасывания и уменьшения глубины обработки почвы с 12 до 9,2 см. Лучшая вспушенность почвы наблюдается при скорости движения культиватора КУН-4 11,0 км/ч. Разброс почвы в стороны экспериментальными рабочими органами при увеличении скорости движения практически не изменяется.



Рис. 4. Культиватор универсальный навесной КУН-4

Этому способствует верхняя часть пластин – стабилизаторов, выступающая над крыльями лапы, препятствуя перемещению почвенных частиц в поперечной плоскости и одновременно создавая своим ребром почвенную микроволну.

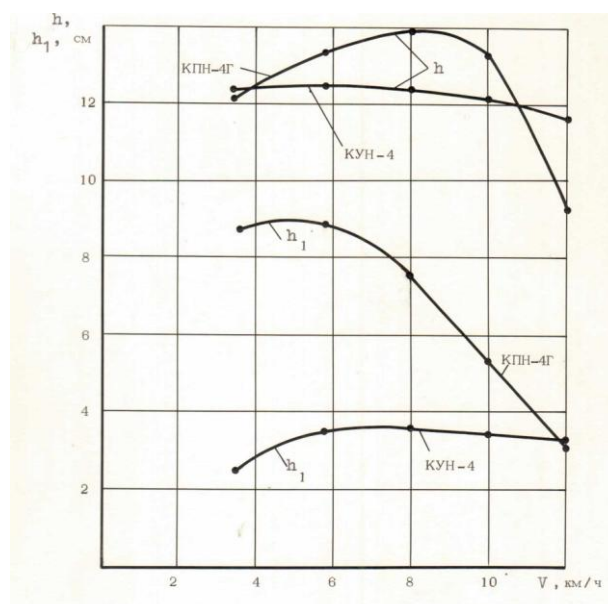


Рис. 5. Изменение глубины хода рабочих органов ( $h$ ) и гребнистости ( $h_1$ ) в зависимости от скорости движения

**Заключение.** Разработанный двухмодульный рабочий орган совместим по скоростному режиму с ротационными. Они могут размещаться на раме культиватора и производить агротехнический уход одновременно в междурядье, ряду и защитной зоне на скорости поступательного движения 9...12 км/ч за один проход агрегата, обеспечивая высокие качественные показатели.

При уходе в культурах и лесных полосах высотой до 0,8...1,0 м агрегат перемещается над рядом и обрабатывает два полумеждурядья, ряд и защитную зону по обе стороны ряда. В культурах высотой от 0,8...1,0 м до 2 м агрегат перемещается в междурядье, производится уход в междурядье культиватором КУН-4, а в ряду и защитной зоне культиватором КБЛ-1А, размещенным на раме трактора МТЗ-80/82 между передним и задним колесами с правой стороны.

В последнем варианте ротационные рабочие органы переносятся на боковой культиватор КБЛ-1А, а на универсальном КУН-4 их место занимают стрельчатые рабочие органы новой конструкции. Скоростной режим работы агрегата не меняется.

## Библиографический список

1. Михайленко Е.А., Мерцедин Р.Н. Универсальная ступенчатая лапа культиватора. – Тракторы и сельхозмашины. 1970. №7, с. 19-20.
2. Полоус Ю.П. К обоснованию геометрической формы рабочего органа культиватора для работы в зонах недостаточного увлажнения. – Труды Ставропольского НИИСХ. Ставрополь. 1971, с. 147-153.
3. Бурченко П.Н. Исследование рабочих органов культиватора для сплошной обработки почвы на скоростях 9...15 км/ч. Материалы НТС ВИСХОМ. М., 1968, вып. 25, с. 649-657.
4. Горячкин В.П. Теория клина. Собр. соч., Т.1. М., «Колос», 1968.
5. Зеленин А.Н. основы разрушения грунтов механическими способами. М., «Машиностроение», 1968, 375 с.
6. Дьяков В.П., Бартнев И.М. Рабочий орган культиватора. Авт. свид. № 886768 М.кл. А01В35/26. Оpubл. 07.12.81. Бюл. №45.

## References

1. Mihajlenko E.A., Mercedin R.N. *Universal'naya stupenchataya lapa kul'tivatora*. – Traktory i sel'hoz mashiny. 1970. №7, s. 19-20.
2. Polous YU.P. *K obosnovaniyu geometricheskoj formy rabocheho organa kul'tivatora dlya raboty v zonah nedostatochnogo uvlazhneniya*. – Trudy Stavropol'skogo NIISKH. Stavropol'. 1971, s. 147-153.
3. Burchenko P.N. *Issledovanie rabochih organov kul'tivatora dlya sploshnoj obrabotki pochvy na skorostyah 9...15 km/ch. Materialy NTS VISKHOM*. М., 1968, vyp. 25, s. 649-657.
4. Goryachkin V.P. *Teoriya klina*. Sobr. soch., T.1. М., «Kolos», 1968.
5. Zelenin A.N. *osnovy razrusheniya gruntov mekhanicheskimi sposobami*. М., «Mashinostroenie», 1968, 375 s.
6. D'yakov V.P., Bartenev I.M. *Rabochij organ kul'tivatora*. Avt. svid. № 886768 M.kl. A01V35/26. Opubl. 07.12.81. Byul. №45.

## Сведения об авторах

*Бартнев Иван Михайлович* – профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация;

*Жигунов А.П.* – студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» г. Воронеж, Российская Федерация

## Information about Authors

*Bartenev Ivan Mikhailovich* – Professor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation;

*Shigunov A.P.* – Student of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»