

**РАЗРАБОТКА В САПР ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЛЕСОПОСАДОЧНОЙ  
МАШИНЫ****DEVELOPMENT IN CAD OF A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A FOREST  
PLANTING MACHINES**

**Драпалюк М.В.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

**Бухтояров Л.Д.**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

**Юрьев Н.Ю.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

**Drapalyuk M.V.**, Grand PhD in Engineering, Professor, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Russia, Voronezh

**Bukhtoyarov L.D.**, Candidate of Technical Sciences, associate professor, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Russia, Voronezh

**Yurev N.Y.**, PhD students of FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Russia, Voronezh

**Аннотация.** В настоящее время процесс лесовосстановления имеет ряд недостатков, таких, как необходимость использовать ручной труд во время распределения и посадки саженцев, механизмы для посадки саженцев зачастую оснащаются тракторами как тяговыми средствами.

Создание борозд и подготовка почвы непосредственно перед посадкой оказывают влияние на энергоёмкость приводов орудий. На данный момент высока неэффективность посадочных работ, так как посадка саженцев с закрытой корневой системой происходит в связке с плугом. Все эти факторы при расчете на долгосрочный период приводят к большому расходу энергии при проведении этого вида работ.

В данной статье рассматриваются подходы к механизации посадочного процесса. Используя опыт посадки саженцев с закрытой корневой системой (ЗКС) ручным способом и анализируя методы механизации посадок возможно получить максимальную эффективность при проведении такого типа работ. На основании изученного материала был выбран прототип посадочного устройства, подходящий под технологии дискретной посадки саженцев с ЗКС. Выполнено твердотельное моделирование рабочего органа в системе, автоматизированного проектирования Solidworks. При проектировании модели была предусмотрена возможность её изготовления по аддитивной технологии методом FDM печати.

**Summary.** Currently, the reforestation process has a number of disadvantages, such as the need to use manual labor during the distribution and planting of seedlings; mechanisms for planting seedlings are often equipped with tractors as traction means.

The creation of furrows and the preparation of the soil immediately before planting affects the energy consumption of the implements' drives. At the moment, the inefficiency of planting work is high, since the planting of seedlings with a closed root system occurs in conjunction with a plow. All these factors, when calculated for a long-term period, lead to greater energy consumption when carrying out this type of work.

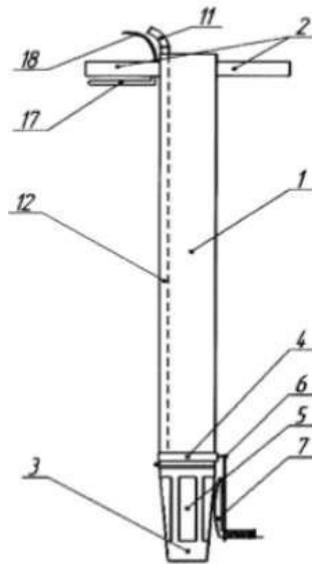
This article discusses approaches to the mechanization of the planting process. Using the experience of planting seedlings with a closed root system (CCS) manually and analyzing the methods of mechanization of planting, it is possible to obtain maximum efficiency when carrying out this type of work. Based on the material studied, a prototype of a planting device suitable for the technology of discrete planting of seedlings with ZKS was selected. Solid modeling of the working body in the Solidworks computer-aided design system has been carried out. When designing the model, the possibility of its production using additive technology using the FDM printing method was envisaged.

**Ключевые слова:** лесопосадочная машина, рабочий орган, автоматизированная посадка леса, посадка саженцев, посадка саженцев с закрытой корневой системой, 3д модель, САПР.

**Keywords:** forest planting machine, working body, automated forest planting, planting seedlings, planting seedlings with a closed root system, 3D model, CAD.

Лесопосадочные машины могут быть разделены по принципу посадки на непрерывные и дискретные. На открытой местности применяют технологию непрерывной посадки, а в сложных условиях при наличии препятствий, порубочных остатков используют технологию дискретной посадки. Материал для посадки может быть как с открытой, так и с закрытой корневой системой. [1-5]. В последнее время все большее распространение приобретают средства автоматизации, компактные электродвигатели и управляющие ими электронные компоненты. Использование аддитивных технологий при создании прототипов лесных машин вместе с доступной электроникой позволяет создать опытный образец машины в кратчайшие сроки. Наиболее перспективным на наш взгляд является разработка компактной лесопосадочной машины, не требующей дополнительного агрегатирования с трактором и управляемой в полуавтоматическом режиме один оператором. Рассмотрим процесс создания прототипа рабочего для точечной посадки саженцев с закрытой корневой системой ориентированного на изготовление с использованием аддитивных технологий (FDM печати). Используя САПР Solidworks разработаем 3D модель лесопосадочной машины. В качестве подхода построения положен модульный принцип проектирования [6], который позволяет обеспечить установку сменных насадок для внедрения в грунт различной формы и геометрических размеров для саженцев с закрытой корневой системой. Основная задача, возлагаемая на данное устройство: повышение эффективности посадочных работ.

В качестве прототипа рабочего органа выбрано существующее посадочное устройство для картофеля, которое состоит из полой рамы, верхней части которой имеются ручки, при этом в нижней части рамы имеются упоры для ног и рабочий орган, формирующий посадочные лунки (рисунок 1, позиция б).



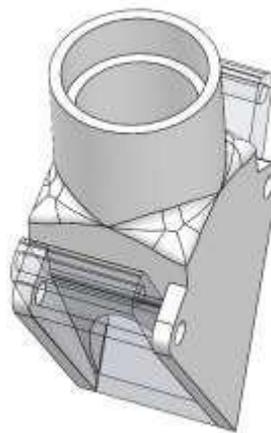
**Рисунок 1.** Устройство для посадки саженцев с закрытой корневой системой

Поскольку топологически модель потенциально способна для посадки саженцев с закрытой корневой системой, то для сборки модели следует выделить следующие основные рабочие органы:

1. Рама рабочего органа;
2. Затворные планки;
3. Трубчатая основа;
4. Погон.

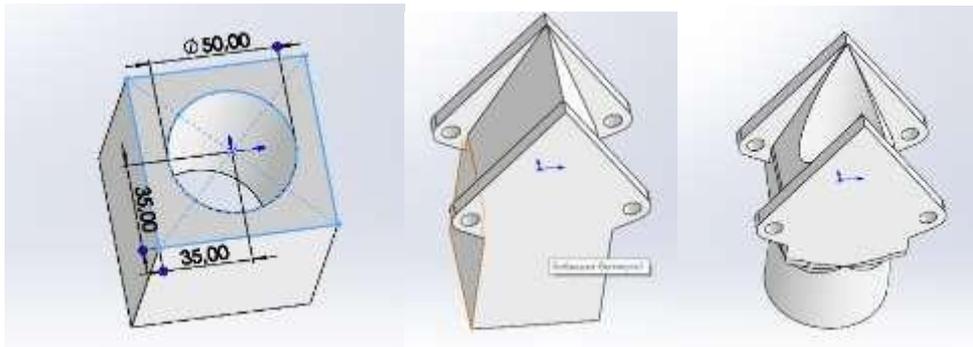
Поскольку трубчатая основа является частью от которой зависят размеры остальных элементов сборки, то ее размеры были определены заранее и с помощью механизма «вытягивание» была произведена формовка детали.

Следующей деталью является рама рабочего органа, показанная на рисунке 2.



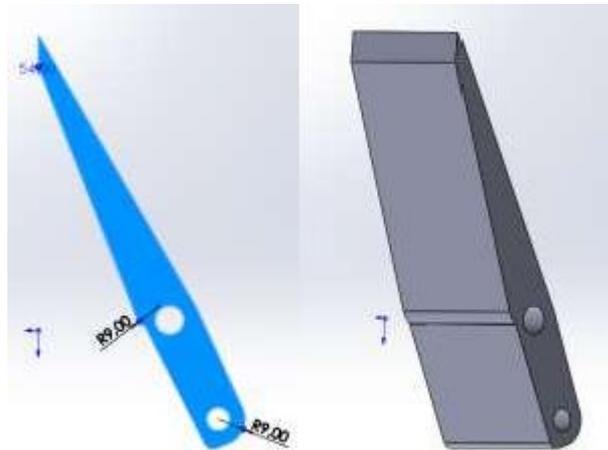
**Рисунок 2.** Рама рабочего органа узла.

В качестве стойки был взят квадрат с отверстием диаметром 50 мм под трубчатую основу, после на боковые поверхности были добавлены две крепежные проушины створок и отзеркалены от базовой плоскости, а на следующем шаге вырезано отверстие, сформированное на первом этапе в квадратной заготовке (рис. 3).



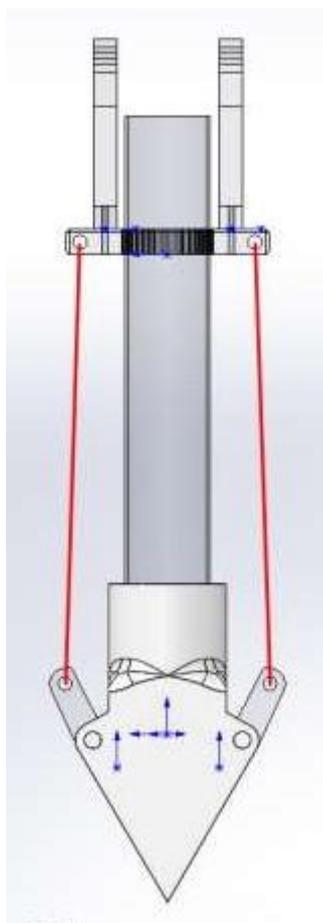
**Рисунок 3.** Этапы формирования рабочей основы узла

Створки были сформированы путем вытягивания плоского чертежа. Геометрия определена профилем рамы рабочего органа, а дополнительные радиусы, отображенные на рисунке 4 выбраны эмпирически как наиболее удачные для скорости FDM печати 110 мм/с при диаметре сопла 3D принтера 1.2 мм.



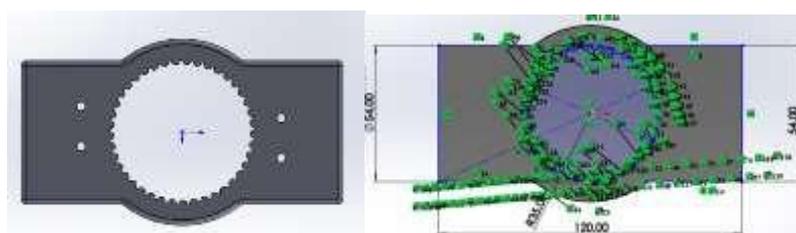
**Рисунок 4.** Этапы формирования рабочей основы затвора

Размеры погона были выбраны с учетом размеров рабочего органа в сборе со шторками. Угол был выбран с гарантированным запасом в 5 градусов, который обеспечит исключение заклинивание механизма при нажатии на погон (т.е. преобразование поступательного движения погона в движение открытия створок рабочего органа), что показано на рисунке 5.



**Рисунок 5.** Общий вид сборки

При проектировании погона были выбраны шлицы, путем создания массива прямых с последующим скруглением грани, что показано на рисунке 6. Как показала практика печати направляющих наиболее оптимальный радиус скругления граней составляет порядка 4-8% от радиуса окружности.



**Рисунок 6.** Эскиз погона

С помощью компьютерного моделирования была определена возможность последовательной установки рабочего органа без раскрытия, а после заглубления за счёт рычажной системы последующее раскрытие механизма. В заключении стоит отметить, что решения с многочисленными скруглениями были применены для 3D печати первого опытного образца для испытаний. Модель может и должна быть оптимизирована для изготовления из металла.

### Список литературы

1. Актуальные проблемы окружающей среды на нефтяных и газовых месторождениях Тюменского Севера : тезисы докладов региональной науч.-практ. конференции. Т. 2. – Тюмень, 1983. – С.138.Сопротивление и энергия при деформации почвы
2. Бартнев, И. М. Современное развитие конструкций лесопосадочных машин за рубежом / И. М. Бартнев, И. В. Попов // Лесотехнический журнал. – 2014. – Т. 4. – № 2(14). – С. 203-216. – DOI 10.12737/4528.
3. Пошарников, Ф. В. Совершенствование технических средств для лесных питомников / Ф. В. Пошарников, В. С. Попов, В. Г. Свиридов // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 4(4). – С. 110-117.
4. Karppinen H, Hänninen H, Ripatti P. 2002. Suomalainen metsänomistaja 2000 [Finnish forest-owner 2000]. Finnish Forest Research Institute. Reserach Papers 852. 83 p. (In Finnish).
5. Kuitto PJ, Keskinen S, Lindroos J, Oijala T, Rajamäki J, Räsänen T, Terävä J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Summary: mechanized cutting and forest haulage. Metsäteho report 410. 38 p (In Finnish, English summary).
6. E. V. Kharlamov, R. R. Sharapov, V. G. Shaptala, V. V. Shaptala, An aggregate for obtaining construction materials from the dumps of mining and processing plants of the KMA / E. V. Kharlamov, R. R. Sharapov, V. G. Shaptala // Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2013. No.3 (35). Pp. 82-85

### References

1. Actual problems of the environment in the oil and gas fields of the Tyumen North [Text]: abstracts of reports of the regional scientific conference.- prakt. Conferences.Vol. 2. – Tyumen, 1983. – p. 138. Resistance and energy during soil deformation
2. Bartenev, I. M. Sovremennoe razvitie konstrukcij lesoposadochnyh mashin za rubezhom / I. M. Bartenev, I. V. Popov // Lesotekhnicheskij zhurnal. – 2014. – Т. 4. – № 2(14). – S. 203-216. – DOI 10.12737/4528.
3. Posharnikov, F. V. Sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv dlya lesnyh pitomnikov / F. V. Posharnikov, V. S. Popov, V. G. Sviridov // Lesotekhnicheskij zhurnal. – 2011. – № 4(4). – S. 110-117.
4. Karppinen H, Hänninen H, Ripatti P. 2002. Suomalainen metsänomistaja 2000 [Finnish forest-owner 2000]. Finnish Forest Research Institute. Reserach Papers 852. 83 p. (In Finnish).
5. Kuitto PJ, Keskinen S, Lindroos J, Oijala T, Rajamäki J, Räsänen T, Terävä J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Summary: mechanized cutting and forest haulage. Metsäteho report 410. 38 p (In Finnish, English summary).
6. E. V. Kharlamov, R. R. Sharapov, V. G. Shaptala, V. V. Shaptala, An aggregate for obtaining construction materials from the dumps of mining and processing plants of the KMA / E. V. Kharlamov, R. R. Sharapov, V. G. Shaptala // Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2013. No.3 (35). Pp. 82-85