

## МЕХАНИЗАЦИЯ / MECHANIZATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.172-182>



УДК 631.319.06

### Результаты исследования базовой модели многофункционального почвообрабатывающего агрегата

© 2019. С.А. Дёмшин<sup>1</sup>, Д.А. Черемисинов<sup>1</sup>, В.П. Осталяцев<sup>1</sup>, В.В. Ильичёв<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н.В. Рудницкого", г. Киров, Российская Федерация,

<sup>2</sup>Нижегородский государственный инженерно-экономический университет,  
г. Княгинино, Нижегородская область, Российская Федерация

Анализ орудий для безотвальной и поверхностной обработки почвы выявил отсутствие на рынке сельскохозяйственной техники многофункциональных агрегатов, способных надежно и качественно выполнять оба вида почвообработки посредством одной машины. Предложена конструктивно-технологическая схема и разработана базовая модель агрегата со сменными рабочими органами: плоскорезными лапами для выполнения основной обработки почвы на 14-25 см с созданием мульчирующего слоя и культиваторными лапами для проведения поверхностной и мелкой обработки почвы на 5-14 см. Для оценки эффективности применения базовой модели агрегата в 2018 году проведены исследования в полевых условиях, в процессе которых определены основные агротехнические показатели качества обработки почвы. Исследования показали, что степень крошения почвы при основной безотвальной обработке дерново-подзолистом среднесуглинистом почве при скорости более 6,5 км/ч превышает 80%. При мелкой обработке почвы на глубину 12 см в диапазоне рабочих скоростей свыше 7,0 км/ч наличие фракции почвы до 25 мм составляет не менее 70%. Агрегат стабильно выдерживает рабочую ширину захвата и установочную глубину обработки почвы. Вариант агрегата с комплектом рабочих органов для основной безотвальной почвообработки во всем диапазоне рабочих скоростей обеспечивает среднюю глубину обработки 19,5-21,0 см при установочной глубине, равной 20 см, с рабочими органами для мелкой обработки почвы - 11,5-12,0 см при установочной глубине обработки 12 см. Гребнистость поверхности поля после прохода агрегата при основной безотвальной обработке почвы составила 20,7-23,0 мм, при мелкой обработке почвы - 12,5-17,0 мм. Результаты исследования показали, что базовая модель многофункционального агрегата может выполнять основную безотвальную и мелкую обработку почвы с соблюдением основных агротехнических требований без использования сменных адаптеров для дополнительной обработки верхнего слоя почвы. Использование дополнительных рабочих органов позволит формировать на основе базовой модели агрегата более узкоспециализированные варианты машины.

**Ключевые слова:** обработка почвы, сменные рабочие органы, лапа плоскорезная, дисковая секция, лапа стрельчатая, показатели качества обработки почвы

**Для цитирования:** Дёмшин С.А., Черемисинов Д.А., Осталяцев В.П., Ильичёв В.В. Результаты исследования базовой модели многофункционального почвообрабатывающего агрегата. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):172-182. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.172-182>.

Благодарности: Исследования проведены согласно Программе ФНИ государственных академий наук (подраздел 162), тема НИР № 0767-2018-0025 «Разработать инновационные технические средства обработки почвы, посева и уборки для ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур» (№ гос. регистрации AAAA-A16-116021950065-0).

### Results of the research of the basic model of multifunctional tillage unit

© 2019. Sergey L. Demshin<sup>1</sup>, Dmitriy A. Cheremisinov<sup>1</sup>, Vladimir P. Ostal'tsev<sup>1</sup>, Valeriy V. Ilyichev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky,  
Kirov, Russian Federation,

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, Knyaginino,  
Russian Federation

The analysis of equipment for basic boardless plowing and surface tillage revealed the absence in the market of agricultural machinery of multifunctional units capable of reliable and efficient performing both types of tillage by means of one machine. The constructive-technological scheme is offered and the basic model of the unit with replaceable working bodies is developed: flat hoes for performance of the basic processing of soil at 14-25 cm with the creation of a mulch layer and cultivator hoes for carrying out the surface and shallow tillage at 5-14 cm. To assess the effectiveness of the basic model of the unit in 2018 in field conditions a research was carried out, during which the main agrotechnical indicators of the quality of soil treatment were determined. Studies have shown that the degree of crumbling of the soil at the basic boardless plowing of sod-podzolic medium loamy soil at a speed of more than 6.5 km/h exceeded 80 %. For shallow tillage to a depth of 12 cm in

*the range of operating speeds above 7.0 km/h the amount of a soil fraction up to 25 mm was not less than 70 %. The unit stably sustains the working coverage width and the installation depth of tillage. The variant of the unit with a set of working bodies for the basic boardless plowing in the entire range of operating speeds provides an average tillage depth of 19.5-21.0 cm at an installation depth of 20 cm, with working bodies for shallow tillage - of 11.5-12.0 cm at an installation depth of 12 cm. The height of roughness of the field surface after the basic boardless plowing was 20.7-23.0 mm, for shallow tillage - 12.5-17.0 mm. The results of the research showed that the basic model of the multifunctional unit can perform the basic boardless plowing and shallow tillage in compliance with the basic agrotechnical requirements without the use of replaceable adapters for additional tillage of the top layer of soil. The use of additional working bodies will make it possible to form more highly specialized versions of the machine based on the basic model of the unit.*

**Key words:** soil cultivation, changeable working bodies, flat hoe, disk section, center hoe, indicators of quality of soil tillage

**For citation:** Demshin S.L., Cheremisinov D.A., Ostal'tsev V.P., Ilyichev V.V. Results of the research of the basic model of multifunctional tillage unit. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):172-182. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.172-182>.

Согласно стратегии развития материально-технического обеспечения сельского хозяйства РФ до 2020 года основным направлением модернизации техники для растениеводства является универсализация комбинированных почвообрабатывающих агрегатов [1, 2]. Одним из способов решения данной задачи является оснащение технических средств комплектами сменных рабочих органов. Это обеспечит возможность быстро адаптировать их к изменяющимся условиям производства и позволит существенно сократить номенклатуру почвообрабатывающей техники. Анализ орудий для основной безотвальной, мелкой и поверхностной обработки почвы выявил отсутствие на рынке сельскохозяйственной техники почвообрабатывающих агрегатов, способных надежно и качественно выполнять оба вида почвообработки посредством одной машины [3, 4, 5]. В связи с этим актуальна разработка многофункционального агрегата для основной безотвальной обработки почвы и комплекса операций поверхностной и мелкой обработки почвы, созданного на основе блочно-модульности конструкции. При этом необходимо учитывать природно-климатические условия Северо-Восточного региона европейской части России, отличающиеся мелкоконтурностью полей с достаточно неровным рельефом<sup>1</sup> [6], что существенно снижает эффективность применения широкозахватных почвообрабатывающих комплексов.

**Цель исследований** – оценка эффективности применения базовой модели многофункционального агрегата для осуществления основной безотвальной обработки почвы на глубину 14-25 см с созданием мульчирующего слоя и комплекса операций поверхностной и мелкой обработки почвы на глубину 5-14 см.

**Материал и методы.** Анализ конструкций многофункциональных почвообрабатывающих машин показал, что разработка агре-

гата, способного осуществлять основную безотвальную почвообработку и комплекс операций поверхностной и мелкой обработки почвы, возможна лишь на основе использования комплектов сменных рабочих органов. В этом случае при разработке многофункционального агрегата оптимальным решением является применение принципа блочно-модульности конструкции машины [7]. Такие машины имеют универсальную раму, позволяющую формировать на её базе несколько вариантов размещения основных видов почвообрабатывающих рабочих органов: рыхлительных лап, дисковых секций, различных типов борон и катков, собранных в унифицированные по виду выполняемой операции сменные модули.

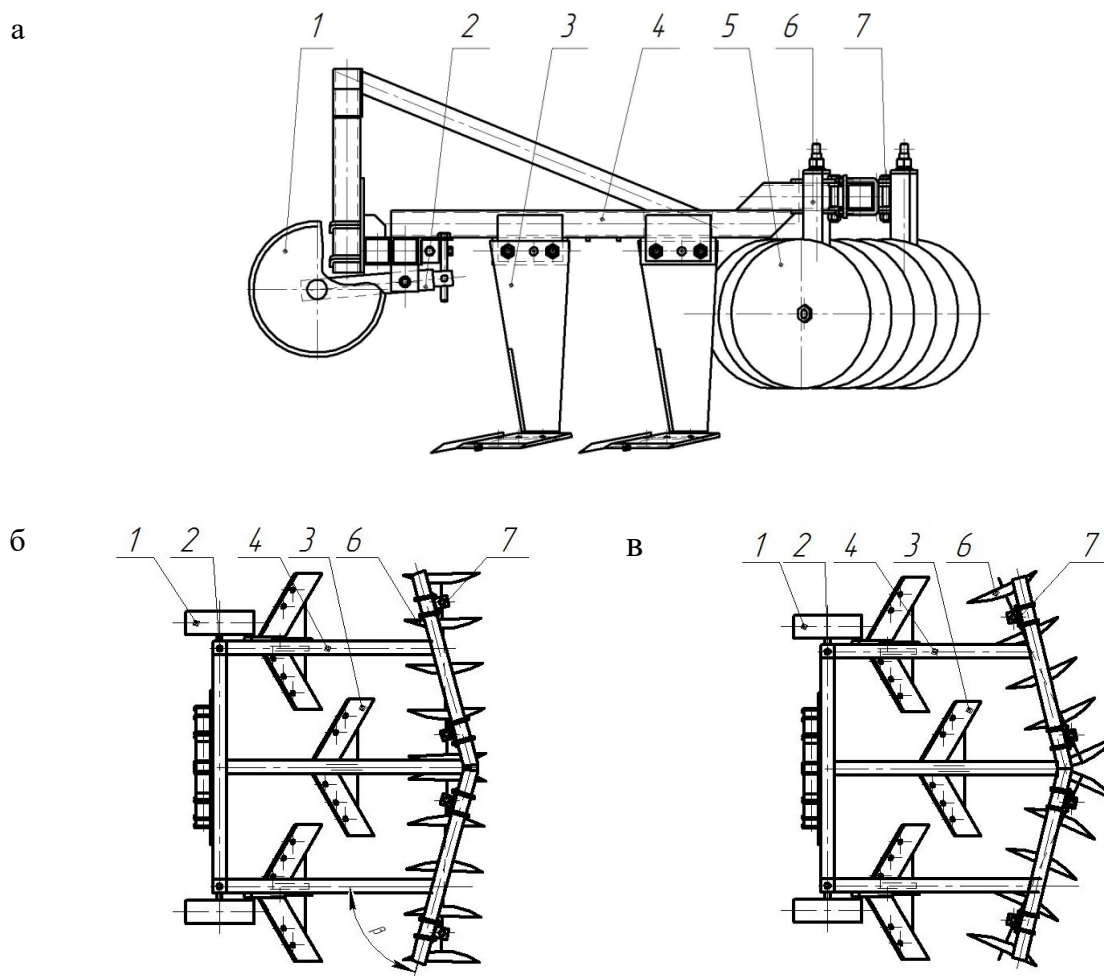
Первоначальный этап разработки многофункционального почвообрабатывающего агрегата со сменными рабочими органами включал определение оптимального минимума рабочих операций, осуществляемых базовой моделью агрегата. Под базовой моделью машины в данном случае рассматривается агрегат, оснащённый основными, минимальными по числу выполняемых операций, комплектами рабочих органов, позволяющих выполнять как основную безотвальную обработку почвы, так и комплекс операций поверхностной и мелкой обработки почвы на уровне агротехнических требований к выполнению данных операций. Также данная модель агрегата должна являться основой для формирования на её базе более узкоспециализированных вариантов почвообрабатывающего агрегата, максимально адаптированных к условиям производства путём оснащения её сменными модулями (адаптерами) для дополнительной обработки почвы. В качестве последних могут использоваться прикатывающие катки различной конструкции, штригель-бороны, гребнеобразующие корпуса и т.д.

<sup>1</sup>Рекомендации по проведению весенне-полевых работ в Кировской области / под общей ред. В.А. Сысуева. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 68 с.

Изучение тенденций развития и ранее проведенных исследований техники для основной безотвальной обработки почвы выявили, что в условиях Евро-Северо-Восточного региона России достаточно качественное выполнение данного вида почвообработки обеспечивает совместное использование плоскорезущих лап и дисковых секций с последующим проведением прикатывания<sup>2</sup> [8]. С учетом этого предложена конструктивно-технологическая схема базовой модели почвообрабатывающего агрегата (патент РФ №2679700), которая включает раму с опорными колёсами, два комплекта

сменных рабочих органов: плоскорезущих лап или стрельчатых культиваторных лап и дисковых секций. Опорные колеса и дисковые секции снабжены механизмами регулирования глубины обработки, что вкупе с жёстким креплением дисковых секций на раме обеспечивает высокую стабильность глубины обработки почвы плоскорезущими и культиваторными лапами.

Агрегатом, на котором установлен комплект из трех плоскорезущих лап, производится основная безотвальная почвообработка, при этом две дисковые секции рыхлят верхний слой почвы на глубину до 8 см (рис. 1).



**Рис. 1. Вариант почвообрабатывающего агрегата для основной безотвальной почвообработки (а), схема размещения дисковых рабочих органов при минимальном (б) и максимальном (в) углах атаки: 1 - колесо опорное; 2 - механизм регулировки положения колес; 3 - лапы плоскорезущие; 4 - рама; 5 - секции дисковые; 6 - механизм регулировки положения дисковой секции; 7 - кронштейн крепления дисковой секции**

**Fig. 1. Version of the soil-cultivating unit for the primary subsoil tillage (a), the scheme of placement of disk working bodies with a minimum (b) and maximum (c) angle of attack: 1 - support wheel; 2 - mechanism for adjusting the position of the support wheels; 3 - flat-cutting hoes; 4 - frame; 5 - disk sections; 6 - mechanism for adjusting the position of the disk section; 7 - bracket for securing the disk section**

<sup>2</sup>Инновационные разработки в агроинженерии: каталог. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2012. 128 с.

Дисковые секции при больших углах атаки осуществляют рыхление верхнего слоя почвы, снижая количество сорняков и способствуя более быстрому разложению растительных остатков. С уменьшением угла атаки глубина и интенсивность почвообработки плоскосферическими дисками снижается<sup>3,4</sup>. Также на качество дискования существенное влияние оказывает тип режущей кромки плоскосферических дисков.

Культиваторными лапами, смонтированными на раме агрегата для мелкой и по-

верхностной обработки почвы, производится культивация почвы, а удлинённые дисковые секции, которые используются на минимальных углах атаки, выполняют выравнивание и прикатывание почвы (рис. 2). Культиваторные лапы расположены в два ряда с расстоянием между рядами 450-500 мм, причем второй ряд лап устанавливается на съёмный брус с кронштейнами крепления. Длина дисковых секций увеличивается за счёт установки осей большей длины, дополнительных промежуточных втулок и дисков.

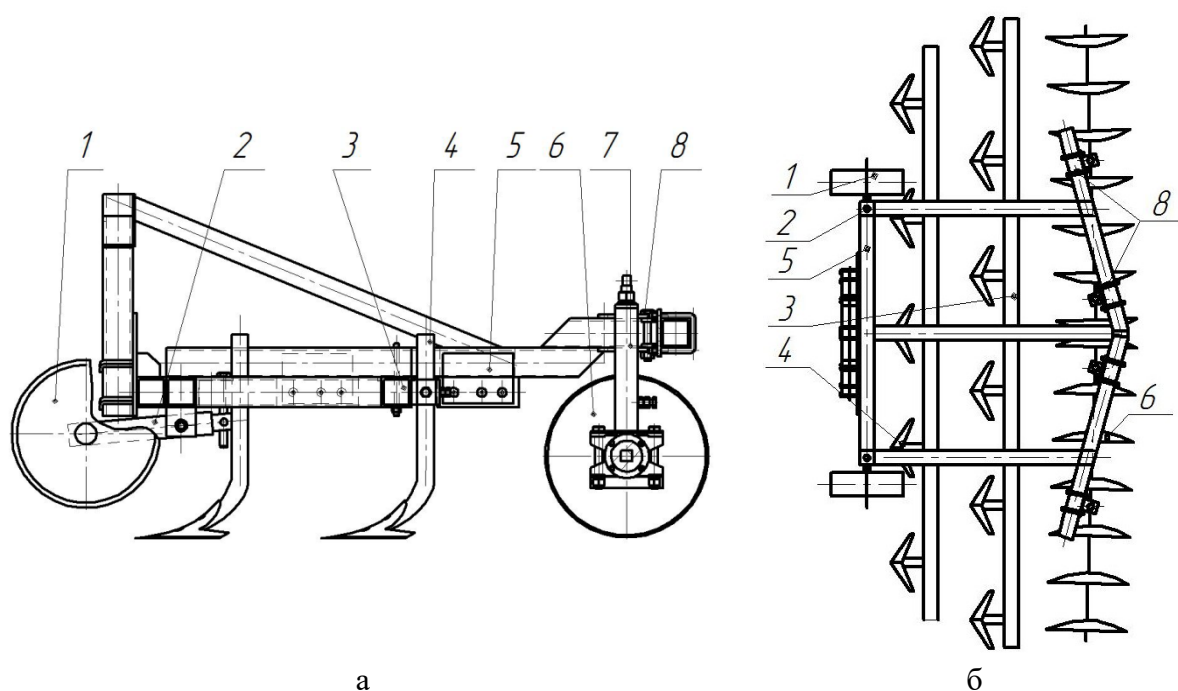


Рис. 2. Вариант почвообрабатывающего агрегата для мелкой и поверхностной почвообработки (а), схема размещения рабочих органов при минимальном угле атаки (б): 1 - колесо опорное; 2 - механизм регулировки положения опорных колес; 3 - брус съёмный; 4 - лапы культиваторные; 5 - рама; 6 - секции дисковые; 7 - механизм регулировки положения дисковой секции; 8 - кронштейн крепления дисковой секции

Fig. 2. Version of the soil-cultivating unit for the shallow and surface tillage (a), the scheme of placement of working bodies with a minimum angle of attack (b): 1 - support wheel; 2 - mechanism for adjusting the position of the support wheels; 3 - detachable bar; 4 - cultivator hoes; 5 - frame; 6 - disk sections; 7 - mechanism for adjusting the position of the disk section; 8 - bracket for securing the disk section

Для быстрой адаптации дисковых рабочих органов агрегата к условиям эксплуатации вследствие изменения свойств почвы, рельефа местности или агротехнических требований на почвообработку под определённую сельскохозяйственную культуру предусмотрена регулировка угла атаки дисковых секций. Изменение угла атаки дисковых секций вы-

полняется ступенчато за счёт того, что их кронштейны крепления на раме, помимо механизма регулировки глубины обработки, имеют шарнирное сопряжение, допускающее посредством поворота в горизонтальной плоскости осуществлять перестановку кронштейнов на разные стороны бруса и между разным количеством дисков на оси дисковой секции (рис. 1, 2).

<sup>3</sup>Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. М.: Машиностроение, 1976. 135 с.

<sup>4</sup>Сохт К.А., Трубилин Е.И., Коновалов В.И. Дисковые бороны и лушильники. Проектирование технологических параметров. Учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2014. 164 с.

Брус рамы для крепления дисковых секций расположен под углом  $\beta$  (рис. 1, б), который соответствует среднему положению установки дисковых секций между максимальным и минимальным углами атаки. Это позволяет достичь требуемого для дискования почвы диапазона регулирования угла атаки в пределах  $0-20^\circ$  без изменения угла установки бруса дисковых секций, а только за счет перестановки их кронштейнов крепления на разные стороны бруса и между разным количеством дисков на оси секции, что существенно упрощает конструкцию агрегата.

При мелкой обработке почвы угол атаки целесообразно уменьшить до  $0-5^\circ$ , так как дополнительная обработка почвы, сопоставимая по глубине и качеству с проходом культиваторных лап, приведет к переизмельчению частиц почвы до эрозионноопасного состояния. При обработке почвы на малых или даже минимально отрицательных углах атаки дисковые секции обеспечивают дополнительное выравнивание и прикатывание почвы, взрыхленной почвообрабатывающими лапами.

В целях расширения возможности адаптации агрегата со сменными рабочими органами для основной безотвальной почвообработки к условиям эксплуатации также предложен способ регулировки его ширины захвата и регулировки угла вхождения плоскорежущих лап в почву.

Изменение ширины захвата агрегата осуществляется путем перестановки плоскорежущих лап на внутренние или внешние площадки кронштейнов рамы при сопутствующем монтаже или демонтаже крайних плоскосферических дисков секции. Причём ширина кронштейнов рамы, которые имеют сквозные отверстия, равна междисковому расстоянию секции.

Регулировка угла вхождения плоскорежущей лапы в почву осуществляется путем ослабления болтовых соединений и изменения положения эксцентриковой втулки в отверстии стойки лапы. Размещение одного из болтов в горизонтальной прорези стойки плоскорежущей лапы, шириной равной диаметру болта и длиной – не менее суммы диаметра болта и величины эксцентриситета втулки позволяет осуществлять плавную регулировку угла вхождения плоскорежущей лапы в почву при заданном соотношении эксцентриситета втулки, расстояния между болтами и требуемой величиной угла поворота лапы. При размещении эксцентриковой втулки в отверстии

стойки в крайние положения по высоте обеспечивает в одном случае минимальный угол вхождения плоскорежущей лапы в почву, равный  $0^\circ$ , во втором – максимальный равный  $5^\circ$ .

Данные регулировки позволяют более эффективно использовать трактор, агрегируемый с агрегатом, что приводит к уменьшению энергоёмкости почвообработки посредством выбора оптимальной нагрузки, а также повышению качества почвообработки за счет эксплуатации машинно-тракторного агрегата в зоне оптимальных соответствующих агротехническим требованиям рабочей глубины обработки и скорости движения.

Согласно предложенной конструктивно-технологической схеме многофункционального почвообрабатывающего агрегата со сменными рабочими органами [9] и на основании проведенных исследований [10, 11, 12] разработан опытный образец его базовой модели. Базовая модель агрегата (далее агрегат) состоит из рамы, опорных колёс с механизмом регулировки глубины обработки, сменных рабочих органов: плоскорежущих лап; стрельчатых культиваторных лап; дисковых секций (рис. 3). Дисковые секции используются совместно с обоими видами рабочих органов, при этом они жёстко установлены на раме посредством кронштейнов крепления и имеют регулировку глубины обработки почвы. В качестве рабочих органов дисковых секций применены плоскосферические диски  $\varnothing 450$  мм. Шарнирное соединение в конструкции кронштейнов крепления позволяет осуществлять ступенчатую регулировку угла атаки дисковых секций от  $0$  до  $30^\circ$  посредством изменения межкронштейнового расстояния на оси секции при их установке с разных сторон бруса рамы. Техническая характеристика агрегата приведена в таблице 1.

В зависимости от вида сменных рабочих органов производится соответствующий вид обработки почвы. При установке на раму плоскорежущих лап выполняется основная безотвальная обработка почвы с рыхлением её верхнего слоя дисковыми секциями. При установке культиваторных лап осуществляется предпосевная обработка почвы с дополнительным выравниванием и прикатыванием почвы дисковыми секциями, которые удлиняются за счет осей большей длины и дополнительных дисков, а их угол атаки может быть уменьшен до минимального значения. Заданную глубину обработки почвы и стабильность хода по глубине плоскорежущих или культиваторных лап

поддерживают опорные колеса и частично дисковые секции за счет их жёсткого крепления на

раме с помощью соответствующих механизмов регулировки глубины обработки.

а



б



**Рис. 3. Базовая модель многофункционального агрегата МПА-2,2/3,0 со сменными рабочими органами для безотвальной (а) и мелкой (б) обработки почвы**

**Fig. 3. The basic model of the multifunctional unit MPA-2.2/3.0 with replaceable working bodies for primary subsoil (a) and shallow (b) tillage**

Для определения качественных показателей технологического процесса обработки почвы в 2018 году проведены полевые исследования агрегата на основной и предпосевной обработке почвы в интервале скоростей от 3 до 10 км/ч. Испытания опытного образца агрегата проводили на типичной для природно-климатических условий Северо-Восточного региона европейской части России дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Показатели условий их проведения определены в соответствии с ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» (табл. 2).

В качестве агротехнических критериев качества обработки почвы приняты её фрак-

ционный состав, плотность, стабильность глубины обработки и гребнистость поверхности после прохода агрегата, которые определяли в соответствии с ГОСТ 33736-2016 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей» и ГОСТ 33687-2015 «Техника сельскохозяйственная. Машины для глубокой обработки почвы. Методы испытаний». Оценка эффективности работы агрегата выполнена путем сравнения полученных данных с агротехническими требованиями СТО АИСТ 4.6-2018 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения и надежности».

Таблица 1 / Table 1

**Техническая характеристика агрегата МПА-2,2/3,0/ Technical characteristic of the unit MPA-2.2/3.0**

Показатель / Indicator	Обработка почвы / Type of tillage	
	основная безотвальная / primary subsoil	мелкая / shallow
Производительность, га/ч / Output of basic time, ha/h	До 1,8 / Up to 1.8	До 3,0 / Up to 3.0
Рабочая скорость, км/ч / Working speed, km/h	5...9	До 12 / Up to 12
Ширина захвата агрегата, м / Working width of the unit, m	2,2	3,0
Глубина обработки, см / Depth of tillage, cm		
- сменными рабочими органами / by replaceable working bodies	14...25	6...12
- дисковыми секциями / by disk sections	До 8 / Up to 8	До 6 / Up to 6
Ширина захвата лапы, м / The width of replaceable working body, m	0,76	0,33
Количество лап, шт. / Number of hoes, pcs	3	11
Габаритные размеры, мм / Overall dimensions, mm:		
- длина / length	2300	2150
- ширина / width	2500	3150
- высота / height	1250	1150
Масса, кг / Mass, kg	575	630
Удельная металлоёмкость на метр ширины захвата, кг/м / Specific metal content, kg/m	262	210
Средняя трудоемкость переоборудования, чел.-ч / Average labor intensity of the re-equipment, man-hours	Не более 3,0 / Not more than 3.0	
Орудие агрегатируется с тракторами класса / Aggregated with tractors of a traction class, kN	14 или 20 кН / 14 or 20 kN	
Способ агрегатирования / The method of aggregation	Трехточечная схема навески трактора / 3-point hitch scheme	
Количество персонала, чел. / of Number of staff, people	1 тракторист / 1 tractor driver	

Таблица 2 / Table 2

**Условия проведения испытаний / Test conditions**

Показатель / Indicator	Обработка почвы / Type of tillage	
	основная безотвальная / primary subsoil	мелкая / shallow
Место проведения испытаний / Test site	Опытное поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока / The experimental field of FARC the North-East	
Состав агрегата / Composition of machine-tractor unit	МТЗ-82 + МПА-2,2/3,0 / MTZ-82 + MPA-2.2/3.0	
Тип почвы / Soil type	Дерново-подзолистая, средний суглинок / Medium loamy sod-podzolic soil	
Рельеф / Relief	Ровный / Flat	
Предшествующая обработка / Previous treatment of the soil	Уборка озимой ржи / After harvesting winter rye	КПС-4,0+БЗСС 1,0 / KPS-4.0+BSSS 1.0
Уклон поверхности, град / The gradient of the surface, deg	Не более 2° / No more than 2°	
Плотность почвы в слое 0-10 см, г/см <sup>3</sup> / Soil density in the layer of 0-10 cm, g/cm <sup>3</sup>	1,42	1,33
Твёрдость почвы, МПа / The soil hardness, MPa:		
- в слое 0-10 см / in the layer of 0-10 cm	1,61	0,78
- в слое 10-20 см / in the layer of 10-20 cm	2,23	2,30
- в слое 20-30 см / in the layer of 20-30 cm	2,62	-
Влажность почвы в слое 0-20 см, % / Soil moisture in the layer of 0-20 cm, %	19,2	13,4
Высота (длина) растительных и пожнивных остатков, см / Height (length) of plant and crop residues, cm	16,8	11,3

**Результаты и их обсуждение.** Полученные в ходе эксперимента зависимости изменения фракционного состава почвы  $P\%$   $_{сод}$ , %, средней глубины обработки почвы  $h$ , мм, её

коэффициента вариации  $v$ , % и гребнистости поверхности  $A$ , мм от скорости движения агрегата  $V$ , км/ч представлены в виде графиков на рисунке 4.

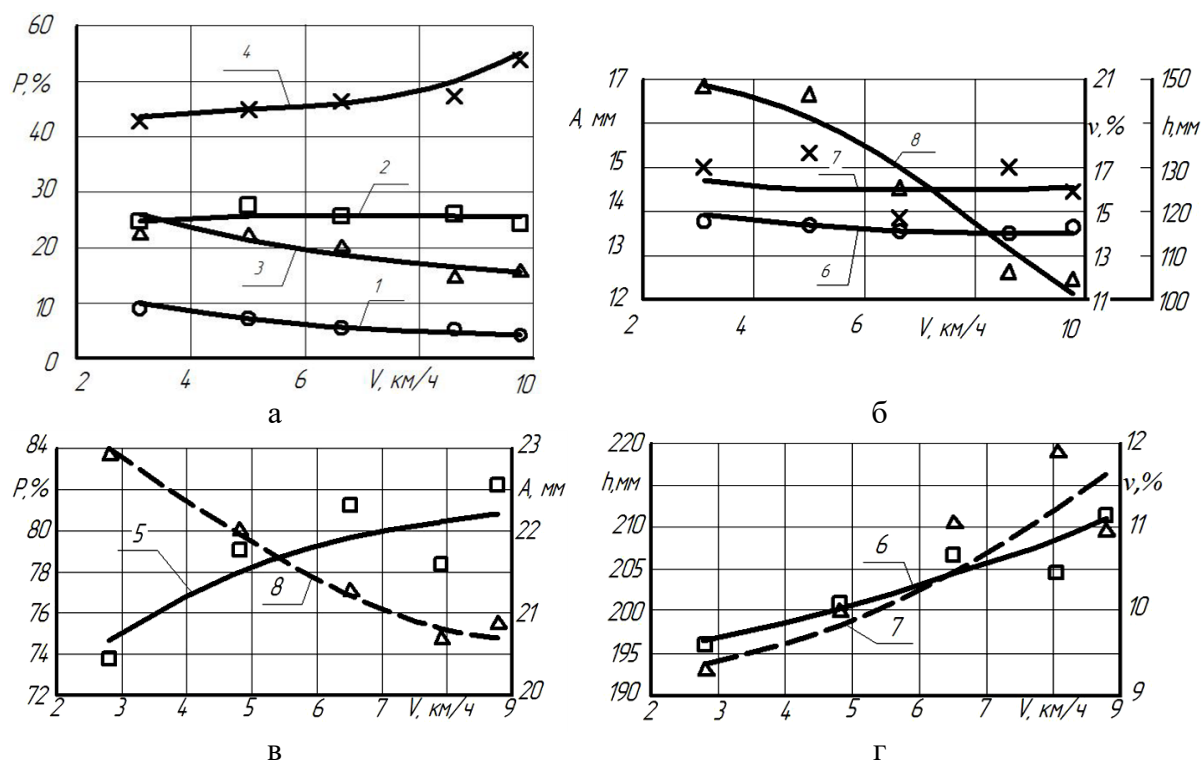


Рис. 4. Влияние скорости  $V$  (км/ч) почвообрабатывающего агрегата с культиваторными (а, б) и плоскорезными (в, г) лапами на показатели качества обработки почвы: содержание фракций почвы  $P$  (%), гребнистость  $A_{cp}$  (мм), среднюю глубину  $h$  (мм) и коэффициент её вариации  $v$  (%): 1 – фракция почвы более 50 мм; 2 – фракция почвы 25...50 мм; 3 – фракция почвы 10...25 мм; 4 – фракция почвы до 10 мм; 5 – фракция почвы менее 50 мм; 6 – средняя глубина обработки почвы; 7 – коэффициент вариации глубины обработки; 8 – гребнистость поля после обработки

Fig. 4. Influence of the speed  $V$  (km/h) of the tillage unit with cultivator (a, б) and flat (б, д) hoes on soil tillage quality indicators: content of soil fractions  $P$  (%), height of roughness  $A_{cp}$  (mm), average depth  $h$  (mm) and coefficient of its variation  $v$  (%): 1 – fraction of the soil more than 50 mm; 2 – fraction of the soil of 25 to 50 mm; 3 – fraction of the soil of 10...25 mm; 4 – fraction of the soil up to 10 mm; 5 – fraction of the soil less than 50 mm; 6 – average depth of tillage; 7 – coefficient of variation of the tillage depth; 8 – ridgeness of the field after tillage

Для большинства видов почвообработки одним из основных агротехнических критериев качества выполнения процесса служит фракционный состав почвы. Согласно требованиям СТО АИСТ 4.6-2018 степень крошения почвы (наличие комков размером до 50 мм) орудиями для основной безотвальной обработки почвы на глубину 15-30 см должна быть не менее 80%; для комбинированных агрегатов для мелкой и поверхностной обработки почвы - наличие фракции почвы до 25 мм не менее 70%.

Анализ полученных данных выявил для обоих видов обработки почвы аналогичную

динамику их изменения, заключающуюся в том, что с увеличением скорости движения агрегата степень крошения почвы существенно возрастает. Причём при скорости, равной 6-7 км/ч, процентное содержание фракций почвы достигает значений, соответствующих агротехническим требованиям и продолжает повышаться вследствие более интенсивного воздействия рабочих органов на почву. При этом следует учитывать, что при зяблевой безотвальной обработке суглинистой дерново-подзолистой почвы повышенной влажности, которая отличается высокой пластичностью и липкостью, комбинацией рабочих органов из

плоскорежущих лап и дисковых секций лущильника достаточно трудно достичь даже минимальных значений крошения почвы, удовлетворяющих агротехническим требованиям. В варианте с выполнением мелкой обработки почвы нужно принимать во внимание, что минимально допустимый агропотребованиями уровень крошения почвы достигнут базовым комплектом рабочих органов, и любой дополнительный сменный адаптер позволит существенно повысить данный показатель.

Показатели стабильности глубины хода рабочих органов для обоих видов обработки почвы соответствуют агротехническим требованиям. Так, для варианта агрегата с комплектом рабочих органов для основной безотвальной обработки почвы средняя глубина обработки составляет 19,5-21,0 см при установочной глубине обработки 20 см (по СТО отклонение глубины обработки от заданной  $\pm 1,5$  см); с рабочими органами для мелкой обработки почвы - 11,5-12,0 см при установочной глубине обработки 12 см (по требованиям СТО -  $\pm 2,0$  см).

Гребнистость поверхности поля после прохода агрегата при основной безотвальной обработке почвы составила 20,7-23,0 мм, при мелкой обработке почвы - 12,5-17,0 мм, что также соответствует агротехническим требованиям для данных видов почвообработки, согласно которым её величина не должна превышать соответственно 50-80 и 20 мм. Наблюдаемое снижение величины гребнистости с ростом скорости движения агрегата для обоих видов обработки почвы вызвано низкой эффективностью работы дисковых рабочих органов на скорости менее 5 км/ч.

Плотность почвы после мелкой обработки равна 1,14-1,18 г/см<sup>3</sup>, при основной безотвальной обработке - 1,26-1,32 г/см<sup>3</sup>, что удовлетворяет требованиям, соответственно, предпосевной и зяблевой почвообработки.

Таким образом, результаты исследования показали, что базовая модель многофункционального агрегата может выполнять основную безотвальную и мелкую обработку почвы с соблюдением основных агротехнических требований без использования сменных адаптеров для дополнительной обработки верхнего слоя почвы. Использование дополнительных рабочих органов позволит формировать на основе базовой модели агрегата более узкоспециализированные варианты машины, в том числе для более качественной подготовки почвы к посеву или создания мульчирующего слоя, нарезанию гряд под пропашные культуры и других операций.

**Выводы.** Разработана базовая модель многофункционального агрегата для выполнения основной безотвальной обработки почвы на глубину 14-25 см с созданием мульчирующего слоя и комплекса операций поверхностной и мелкой обработки почвы на глубину 5-14 см. Исследования в полевых условиях показали, что при скорости более 7,0 км/ч степень крошения почвы при основной безотвальной почвообработке превышает 80 %, при мелкой обработке почвы - содержание фракции почвы до 25 мм составляет не менее 70 %. Остальные параметры качества обработки почвы также соответствуют агротехническим требованиям, что делает возможным формирование на основе базовой модели почвообрабатывающего агрегата более узкоспециализированных вариантов машины.

#### *Список литературы*

1. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 78 с. Режим доступа: <https://docplayer.ru/28430301-Strategiya-mashinno-tehnologicheskoy-modernizacii-selskogo-hozyaystva-rossii-na-period-do-2020-goda.html>.
2. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. Под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
3. Ключков А.В., Попов В.А. Современная сельскохозяйственная техника для растениеводства. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 172 с. Режим доступа: [http://gtu.ge/Agro-Lib/klochkov\\_a\\_v\\_porov\\_v\\_a\\_sovremennaya\\_selskohozyaistvennaya\\_te.pdf](http://gtu.ge/Agro-Lib/klochkov_a_v_porov_v_a_sovremennaya_selskohozyaistvennaya_te.pdf).
4. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. издание. Под общ. ред. В.М. Прошина. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 416 с.
5. Жук А. Ф., Ревякин Е.Л. Развитие машин для минимальной и нулевой обработки почвы. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 156 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19939339>.
6. Козлова Л.М., Попов Ф.А., Носкова Е.Н. Научно обоснованные подходы к выбору систем обработки почв в севооборотах для условий Евро-Северо-Востока РФ: метод. пособие. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 35 с.

7. Ревякин Е.Л., Антышев Н.М. Технологические требования к новым техническим средствам в растениеводстве. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 60 с.
8. Мазитов Н.К., Шарафиев Л.З., Сахапов Р.Л., Галяутдинов Н.Х., Рахимов Р.С., Четыркин Ю.Б., Лобачевский Я.П., Дмитриев С.Ю. Результаты сравнительных испытаний блочно-модульных культиваторов. Тракторы и сельхозмашины. 2013;(3):54-56.
9. Андреев В.Л., Дёмшин С.Л., Ильичёв В.В., Черемисинов Д.А., Юнусов Г.С. Многофункциональный почвообрабатывающий агрегат со сменными рабочими органами. Вестник НГИЭИ. 2018;(11 (90)):87-102. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36565827>.
10. Talarczyk W., Zbytek Z. Uniwersalna konstrukcja kultywatora podorywkowego i obsypnika do ziemniaków. Zeszyty problemowe postępyw nauk rolniczych, 2009 z. 543: 355-364. URL: <http://www.bo-met.pl/dzial-media-49.html>.
11. Андреев В.Л., Козлова Л.М., Дёмшин С.Л., Попов Ф.А. Модернизация плуга для безотвальной обработки почвы и его использование при возделывании яровой пшеницы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013;(2 (33)):63-66. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18846811>.
12. Дёмшин С.Л., Черемисинов Д.А., Владимиров Е.А. Результаты испытаний почвообрабатывающего орудия со сменными рабочими органами для тракторов тягового класса 3,0. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015;(3 (46)):71-77. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.103-108.

Поступила: 28.12.2018 Принята к публикации: 04.04.2019 Опубликована онлайн: 30.04.2019

#### **Сведения об авторах:**

**Дёмшин Сергей Леонидович**, доктор техн. наук, доцент, зав. лабораторией, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7562-7965>, e-mail: [sergdemshin@mail.ru](mailto:sergdemshin@mail.ru),

**Черемисинов Дмитрий Анатольевич**, кандидат техн. наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1332-4034>, e-mail: [cheremisinov86@mail.ru](mailto:cheremisinov86@mail.ru),

**Остальцев Владимир Павлович**, кандидат техн. наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0509-6577>,

**Ильичёв Валерий Вячеславович**, старший преподаватель кафедры «Техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», д. 22а, ул. Октябрьская, г. Княгинино, Российская Федерация, 606340, e-mail: [vattex@mail.ru](mailto:vattex@mail.ru), e-mail: [ilichiev1963@mail.ru](mailto:ilichiev1963@mail.ru).

#### **References**

1. *Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii na period do 2020 goda*. [The strategy of machine-technological modernizing of agriculture of Russia for the period till 2020]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2009. 78 p. URL: <https://docplayer.ru/28430301-Strategiya-mashinno-tehnologicheskoy-modernizatsii-selskogo-hozyaystva-rossii-na-period-do-2020-goda.html>.
2. *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii. Metodicheskoe rukovodstvo*. [Agroecological evaluation of lands, designing of adaptive-landscape systems of agriculture and agrotechnologies. A methodical manual]. Pod red. V.I. Kiryushina, A.L. Ivanova. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2005. 784 p.
3. Klochkov A.V., Popov V.A. *Sovremennaya sel'skokhozyaystvennaya tekhnika dlya rastenievodstva*. [Modern agricultural machinery for crop production]. Gorki: Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2009. 172 p. URL: [http://gtu.ge/Agro-Lib/klochkov\\_a\\_v\\_popov\\_v\\_a\\_sovremennaya\\_selskohozyaistvennaya\\_te.pdf](http://gtu.ge/Agro-Lib/klochkov_a_v_popov_v_a_sovremennaya_selskohozyaistvennaya_te.pdf).
4. *Sravnitel'nye ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: nauch. izdanie*. [Comparative tests of agricultural machinery: scientific edition]. Pod obshch. red. V.M. Pronina. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2013. 416 p.
5. Zhuk A. F., Revyakin E.L. *Razvitie mashin dlya minimal'noy i nulevoy obrabotki pochvy*. [The development of machines for minimum tillage]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2007. 156 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19939339>.
6. Kozlova L.M., Popov F.A., Noskova E.N. *Nauchno obosnovannye podkhody k vyboru sistem obrabotki pochv v sevooborotakh dlya usloviy Evro-Severo-Vostoka RF: metod. posobie*. [Scientifically based approaches to

the choice of soil treatment systems in crop rotations for the conditions of Euro-North-East of the Russian Federation: methodical manual]. Kirov: *NIISKh Severo-Vostoka*, 2013. 35 p.

7. Revyakin E.L., Antyshev N.M. *Tekhnologicheskie trebovaniya k novym tekhnicheskim sredstvam v rasteniyevodstve*. [The technological requirements for the new technological advances in crop production]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2008. 60 p.

8. Mazitov N.K., Sharafiev L.Z., Sakhapov R.L., Galyautdinov N.Kh., Rakhimov R.S., Chetyrkin Yu.B., Lobachevskiy Ya.P., Dmitriev S.Yu. *Rezultaty sravnitel'nykh ispytaniy blochno-modul'nykh kul'tivatorov*. [Results of comparative tests of block-module cultivators]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2013;(3):54-56. (In Russ.).

9. Andreev V.L., Demshin S.L., Il'ichev V.V., Cheremisinov D.A., Yunusov G.S. *Mnogofunktsional'nyy pochvoobrabatyvayushchiy agregat so smennymi rabochimi organami*. [Multifunctional soil-cultivating unit with replaceable working bodies]. *Vestnik NGIEI*. 2018;(11 (90)):87-102. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36565827>.

10. Talarczyk W., Zbytek Z. Uniwersalna konstrukcja kultywatora podorywkowego i obsypnika do ziemniaków. *Zeszyty problemowe postępyw nauk rolniczych*, 2009 z. 543: 355-364. URL: <http://www.bomet.pl/dzial-media-49.html>.

11. Andreev V.L., Kozlova L.M., Demshin S.L., Popov F.A. *Modernizatsiya pluga dlya bezotval'noy obrabotki pochvy i ego ispol'zovanie pri vozdeleyvanii yarovoy pshenitsy*. [Modernizing of plough for boardless cultivating and its use at spring wheat growing]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2013;(2 (33)):63-66. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18846811>.

12. Demshin S.L., Cheremisinov D.A., Vladimirov E.A. *Rezultaty ispytaniy pochvoobrabatyvayushchego orudiya so smennymi rabochimi organami dlya traktorov tyagovogo klassa 3,0*. [Results of a soil-cultivating tool testing with replaceable working bodies for tractors of a thrust class 3.0]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2015;(3 (46)):71-77. (In Russ.). DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.103-108.

Received: 28.12.2018

Accepted for publication: 04.04.2019

Published online: 30.04.2019

#### **Information about the authors:**

**Sergey L. Demshin**, DSc in Engineering, head of the laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, 166a, Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7562-7965>, e-mail: [sergdemshin@mail.ru](mailto:sergdemshin@mail.ru),

**Dmitriy A. Cheremisinov**, PhD in Engineering, researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, 166a, Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1332-4034>, e-mail: [cheremisinov86@mail.ru](mailto:cheremisinov86@mail.ru),

**Vladimir P. Ostal'tsev**, PhD in Engineering, researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, 166a, Lenina str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0509-6577>,

**Valeriy V. Ilyichev**, senior lecturer, the Chair of Technical service, Organization of Transportation and Transport Management», Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 22a, Oktyabrskaya str., Knyaginino, Russian Federation, 606340, e-mail: [vattex@mail.ru](mailto:vattex@mail.ru), e-mail: [ilichiev1963@mail.ru](mailto:ilichiev1963@mail.ru).