РОССИЙСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА: КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ, ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ / RUSSIAN AGRICULTURAL MACHINERY: COMPETITIVENESS, GLIMPSE INTO THE FUTURE

https://doi.org/10.30766/2072-9081.20120.21.1.86-96 УДК 631.31



Разработка технологии и изготовление импортозамещающего комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур

© 2020. Р. С. Рахимов¹, И. Р. Рахимов¹, Д. А. Ялалетдинов², Е. О. Фетисов^{1 \bowtie}, Я. Ю. Хамитов², Р. М. Юмагужин², А. Р. Рахимжанов¹, С. В. Анохин³

¹ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», г. Троицк, Челябинская область, Российская Федерация, ²ООО «Челябинский компрессорный завод», г. Челябинск, Российская Федерация,

²000 «Челяоинский компрессорный завоо», г. Челяойнск, Российская Федерация ³000 «Варнаагромаш», с. Варна, Челябинская область, Российская Федерация

Разнообразие рельефа, климата, растительного и почвенного покрова Южного Урала определяет выбор технологии и комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур в соответствии с условиями зоны и хозяйства. Анализ существующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур выявил необходимость их совершенствования. Для обеспечения возможности изменения способов обработки почвы и посева в зависимости от почвенно-климатических условий, возделываемой культуры и места культуры в севообороте предлагается универсальная технология, которая предусматривает создание условий для роста и развития растений на основе накопления и экономного использования влаги с применением соответствующих к условиям зоны рабочих органов и комплекса почвообрабатывающих и посевных машин. Обоснованы типы рабочих органов для выполнения основной, дополнительной и предпосевной обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур различными способами. Установлена степень универсализации комбинированных машин для хозяйств с различной площадью пашни. Для малых хозяйств с площадью пашни до 1200 га достаточно одной универсальной машины для выполнения основной, дополнительной и предпосевной обработок почвы и посева со сменными рабочими органами или модулями. Для средних хозяйств с площадью пашни до 10 тыс. гектаров необходимы отдельные универсальные машины со сменными рабочими органами для основной обработки почвы, со сменными модулями – для дополнительной обработки почвы, а для предпосевной обработки почвы и посева – почвообрабатывающие посевные машины со сменными модулями с различными типами рабочих органов. Для крупных хозяйств с площадью пашни более 10 тыс. гектаров необходимы однооперационные комбинированные машины. С учетом ранее проведенных исследований, используя полученные математические модели и агротехнические требования к созданию новых машин, проведены расчеты и обоснованы конструктивные параметры комплекса машин для тракторов класса тяги 1.4...5, выполненные с различной степенью универсализации и изготовленные на заводах ООО «Челябинский компрессорный завод» и ООО «Варнаагромаш». Разработанный и выпуска емый на этих заводах комплекс машин для возделывания сельскохозяйственных культур для различных типов хозяйств позволяет выполнить все элементы предложенной технологии, принятой в зоне, в соответствии с агротехническими требованиями и почвенно-климатическими условиями.

Ключевые слова: почвенно-климатические условия, способы обработки почвы, посев, рабочие органы, конструктивная схема, металлоемкость, тяговое сопротивление, производительность

Благодарности: исследования проведены по программе НИР ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ», разработка машин по программе работы ООО «Челябинский компрессорный завод» и ООО «Варнаагромаш».

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Рахимов Р. С., Рахимов И. Р., Ялалетдинов Д. А., Фетисов Е. О., Хамитов Я. Ю., Юмагужин Р. М., Рахимжанов А. Р., Анохин С. В. Разработка технологии и изготовление импортозамещающего комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;21(1):86-96. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.21.1.86-96

Поступила: 06.12.2019 Принята к публикации: 04.02.2020 Опубликована онлайн: 28.02.2020

Development of technology and manufacturing of an import-substituting complex of machines for cultivating crops

© 2020. Rais S. Rakhimov¹, Ildar R. Rakhimov¹, Denis A. Yalaletdinov², Evgeny O. Fetisov¹, Yanis Yu. Khamitov², Rim M. Yumaguzhin², Arthur R. Rakhimzhanov¹, Sergey V. Anokhin³

¹FSBEI of HE «South Ural State Agrarian University», Troitsk, Chelyabinsk region, Russian Federation,

²Chelyabinsk Compressor Plant LLC, Chelyabinsk, Russian Federation, ³LLC Varnaagromash, s. Varna, Chelyabinsk Region, Russian Federation

A variety of topography, climate, vegetation and soil of the Southern Urals indicates the need to choose the technology and complex of machines for cultivating crops in accordance with the conditions of the zone and economy. Analysis of existing crop cultivation technologies showed the need for their improvement. To ensure the possibility of changing the methods of soil cultivation and sowing depending on soil and climatic conditions, the cultivated crop and the place of culture in crop rotation, a universal technology is proposed, which provides for the need to create conditions for growth and development of plants based on accumulation and economical use of moisture with application of working bodies and a complex of tillage and sowing machines appropriate to the conditions of the zone. The types of working bodies for basic, additional and presowing tillage and sowing of agricultural crops by various methods are substantiated. The degree of universalization of combined machines for farms with different areas of arable land is established. For small farms with arable land up to 1200 ha, one universal machine with replaceable working bodies or modules is needed to perform primary, secondary and pre-sowing tillage and sowing. For medium-sized farms with arable land up to 10 thousand hectares, separate universal machines with replaceable working bodies are needed for primary tillage, with replaceable modules for additional tillage, and tillage sowing machines with replaceable modules with different types of working bodies are necessary for pre-sowing tillage and sowing. For large farms with arable land area of over 10 thousand hectares it is necessary to use combined single-purpose machines. Based on the previously conducted studies, using the obtained mathematical models and agrotechnical requirements for developing new machines, calculations were carried out and the design parameters of machine complex for tractors of 1.4...5 traction class were substantiated. They were produced by LLC Chelyabinsk Compressor Plant and Varnaagromash LLC with various degrees of universalization The complex of machines for cultivating agricultural crops developed and produced at these plants for various types of farms makes it possible to fulfil all the elements of the proposed technology adopted in the zone in accordance with the agrotechnical requirements as well as soil and climatic conditions of the zone.

Keywords: soil and climatic conditions, tillage methods, sowing, working bodies, design, metal consumption, traction resistance, productivity

Acknowledgments: the studies were carried out under the program of research of the FSBEI HE «South Ural State Agrarian University», the development of machines according to the program of work of Chelyabinsk Compressor Plant LLC and Varnaagromash LLC.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citation: Rakhimov R. S., Rakhimov I. R., Yalaletdinov D. A., Fetisov E. O., Khamitov Y. Yu., Yumaguzhin R. M., Rakhimzhanov A. R., Anokhin S. V. Development of technology and manufacturing of an import-substituting complex of machines for cultivating crops. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(1):86-96. (In Russ.). https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.1.86-96

Received: 06.12.2019 Accepted for publication: 04.02.2020 Published online: 28.02.2020

Рельеф, климат, растительный и почвенный покров Южного Урала чрезвычайно разнообразный. Сельскохозяйственные культуры возделываются в горно-лесной, лесостепной и степной зонах с различными подзонами, которые отличаются друг от друга следующими основными факторами:

- влагообеспеченностью растений в различные фазы роста;
- обеспеченностью растений теплом (продолжительность периода с t > 10 °C, сумма эффективных температур за периоды t > 10 °C, t > 15 °C);
 - величиной безморозного периода;
- запасом влаги в почве весной, глубиной снежного покрова, интенсивностью снеготаяния;

- характером микро- и макрорельефа поля;
- подверженностью почв водной и ветровой эрозиям;
- прогревом почвы и началом полевых работ;
 - типом почв.

Все эти факторы влияют на выбор технологии возделывания сельскохозяйственных культур, севооборотов, способов обработки почв и посева, сортов культур и на своевременность выполнения требуемых агротехнических приёмов в установленные сроки [1, 2, 3, 4, 5].

Основной задачей любого земледельца является получение максимальной прибыли с единицы площади при минимальных затратах

ДИСКУССИОННЫЕ MATEPUAЛЫ: ОРИГИНАЛЬНАЯ CTATЬЯ / DISCUSSION PAPERS: ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE

(на оплату труда, технику, материалы и т. д.), позволяющей развивать производство высокими темпами. Для этого для каждой почвенно-климатической зоны необходимо выбрать ту технологию возделывания сельскохозяйственных культур, те тракторы, почвообрабатывающие и посевные машины, которые обеспечат качество подготовки почвы с требуемыми свойствами для возделывания выбранной культуры в севообороте¹ [6].

Цель исследований — обосновать технологию и изготовить ресурсосберегающий импортозамещающий комплекс машин для возделывания сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических зонах Южного Урала для различных типов хозяйств.

Материал и методы. Для обоснования технологии возделывания сельскохозяйственных культур проведен анализ существующих технологий², выявлены необходимые для обработки почвы и посева типы рабочих органов, которые использованы при изготовлении комплекса почвообрабатывающих и посевных машин, математические зависимости для расчета металлоемкости машин, тягового сопротивления и производительности агрегатов, которые позволили установить рациональные параметры машин [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Результаты и их обсуждение. При разработке и создании нового ресурсосберегающего импортозамещающего комплекса машин необходимо учитывать следующие условия:

- почвенно-климатические условия зоны;
- принятую в зоне (в хозяйстве) технологию возделывания сельскохозяйственных культур;
 - принятые в хозяйстве севообороты;
- необходимый тип и параметры рабочих органов для обработки почвы и посева;
- тип хозяйства (мелкое, среднее или крупное);
- требования к разработке и созданию комплекса машин под различные технологии возделывания сельскохозяйственных культур;
- тяговый класс трактора, для которого создаётся комплекс машин.

Основным фактором при выборе типа почвообрабатывающих и посевных машин,

типа и параметров их рабочих органов являются почвенно-климатические условия зоны. Поскольку способы обработки почвы и посева предназначены для создания структуры почвы, повышающей её плодородие за счёт накопления и экономного расходования влаги, создания условий для интенсивной работы микроорганизмов в почве, то для разных типов почв (более 30 на Южном Урале), имеющих различный процент содержания физического песка и глины, тип и параметры рабочих органов должны быть различными. Соответственно подверженность почв разным видам эрозии (водной, ветровой, механической, биологической и т. д.) зависит от типа почвы и рельефа поля, величины и интенсивности осадков летом и зимой, принятой в зоне (в хозяйстве) технологии возделывания сельскохозяйственных культур, предусматривающей использование различных типов машин и рабочих органов (табл. 1) [6].

Анализ работы хозяйств³ показывает, что в пределах одной зоны используются все эти технологии. Кроме того, в отдельных хозяйствах начали внедрять агробиотехнологию возделывания сельскохозяйственных культур с применением композитных микробиологических препаратов, которые используются одновременно с существующей в хозяйстве технологией. За рубежом (США, Канада, Аргентина, Бразилия, Австралия) широко применяются технологии полосной обработки почвы при возделывании технических культур и прямого посева при возделывании зерновых культур [14,15]. Эти технологии могут быть внедрены на определённых типах почв при наличии достаточного количества осадков и соответствующей техники.

На основе анализа требований различных культур к созданию структуры и плотности почв и почвенно-климатических условий зоны коллективом учёных разработана универсальная технология обработки почвы (патент РФ № 2457651 от 16.02.2011), которая направлена на накопление, сохранение и экономное использование влаги в период вегетации растений (рис. 1) [5, 6].

Аграрная наука Евро-Северо-Востока / Agricultural science Euro-North-East, 2020; 21(1):86-96

¹Бледных В. В. Устройство, расчет и проектирование почвенно-обрабатывающих орудий. Челябинск, 2010. 203 с. ²Беляев М. А., Есипов В. И. Современная техника, применяемая при ресурсо- и влагосберегающих технологиях: учеб. модуль для учащихся системы нач. проф. образования. Центр проф. образования Сам. обл., Фонд "Сельскохоз. обучения", ФГОУ ВПО Сам. гос. с.-х. акад.; Самара: Профи, 2004 (Изд-во Профиг). 79 с.

³Адаптивные агробиотехнологии. В поисках утраченного плодородия. Режим доступа: http://stimix.ru/stati/97-adaptivnaya-agrobitehnologiya.html

 $Ta \delta nuya\ I$ — Технологии воздельвания сельскохозяйственных культур / $Table\ I$ — Crop cultivation technologies

Система обработки	Основные технологи	Основные технологические onepayuu u их техническая оснащенность / Basic technological operations and their technical equipment	ическая оснащенность / "	Basic technological op	erations and their technic	al equipment
noчвы/ Name of soil tillage systems		oсенью / in the fall			весной / in spring	
Традиционная / Traditional	gnits	Лущение стерни (дисковые лущильники со сферическими дисками) / Stubble peeling (disk cultivators with spherical disks)	Основная обработка почвы (отвальный плут) / Primary tillage (moldboard plow)	Закрытие влаги (зубовые бороны)/ Moisture retention (tooth harrows)	Предпосевная культивация (лаповые, птанговые культиваторы) / Presowing cultivation (tined, rod cultivators)	Посев (рядовые, узкорядные сеялки) / Sowing (drill, narrow-row seeders)
Противоэрозионная / Erosion control	Натоборщики) / Натоворщики) / Натоворщики) / Натоворщики) / Оборфицики) / Натоворщики) / Натоворщики / Натоворщики / Натоворщики	Лущение стерни (дисковые лущильники с плоскими дисками) / Stubble peeling (disk cultivators with spherical disks)	Основная обработка почвы (плоскорез, глубокорыхлитель- илоскорез-щелеватель- чизель ное орудие) / Primary tillage (subsurface plow, subsurface plow, implement) implement)	Закрытие влаги (игольчатые бороны) / Moisture retention (soil spikers)	Предпосевная культивация (культиваторы противо эрозионные) / Presowing cultivation (anti erosion cultivators)	Посев (стерневые сеялки) / Sowing (stubble seeders)
Минимальная / Minimum	Уборка. Солома измельчается и равномерно разбрасывается по полю (бороны с пружинными рабочими органами) /	Основная мелкая обработка (дисковые бороны, культиваторы тяжелые) / Primary surface tillage	ая обработка ьтиваторы тяжелые) / ace tillage	Предпосевная ((комбинированн со сменным Pre-sowing tillage (co interchanges	Предпосевная обработка почвы (комбинированные культиваторы со сменными модулями) / Pre-sowing tillage (combined cultivators with interchangeable modules)	Посев (стерневые и пневматические сеялки) / Sowing (stubble and pneumatic seeders)
	narvesting. Straw is enopped and scattered evenly across the field (harrows with spring working bodies)	(disc harrows, heavy cultivators)	avy cultivators)	Предпосевная почвообр: Pre-sowing and sc	Предпосевная обработка и посев (комбинированные почвообрабатывающие посевные агрегаты) / Pre-sowing and sowing tillage (combined tillage sowing units)	бинированные arperaты) / llage sowing units)
Нулевая / No-Till	Уборка. Солома измельч (бороны с пр: Harvesting, straw is ch (harrows	Уборка. Солома измельчается и равномерно разбрасывается по полю (бороны с пружинными рабочими opraнами) / Harvesting, straw is chopped and evenly scattered across the field (harrows with spring working bodies)	сывается по полю taми) / across the field s)	Посев (комб посевные г Sowing (combir	Посев (комбинированные почвообрабатывающие посевные агрегаты) с анкерными сошниками / Sowing (combined tillage sowing units) with tyne coulters	батывающие ошниками / vith tyne coulters

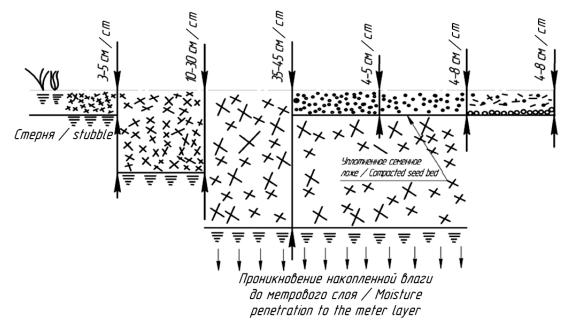


Рис. 1. Универсальная технология возделывания сельскохозяйственных культур /

Fig. 1. Universal crop cultivation technology

Предлагаемая технология возделывания сельскохозяйственных культур включает в себя осеннее послеуборочное поверхностное влагоаккумулирующее рыхление по стерне различными типами рабочих органов (игольчатые, дисковые, комбинированные, ротационные, зубовые и т.д.) на глубину 3...5 см, основное зяблевое отвальное или безотвальное влагопоглощающее рыхление почвы на глубину 10...30 см, основное влагонакопительное чизельное рыхление на глубину 30...45 см один раз в севообороте, а весной поверхностное влагозакрывающее рыхление почвы различными типами борон на глубину заделки семян, а затем – влагосберегающую мульчирующую выровненную предпосевную обработку на ту же глубину с созданием семенного ложа и вычесыванием сорняков в начальной стадии их развития с рабочими органами на пружинной стойке и посев различными типами сошников в зависимости от условий года и высеваемой культуры.

Данная технология может быть трансформирована под любую из вышеприведённых технологий исключением в зависимости от почвенно-климатических условий, возделываемой культуры и места культуры в севообороте отдельные её операции. Таким образом, для выполнения всех технологических операций рекомендуемой технологии в различных почвенно-климатических зонах, необходимы следующие рабочие органы [5, 7, 8, 9]:

 для выполнения основной обработки почвы (корпус плуга, лапы плоскорезные, чизельные рабочие органы);

- для выполнения дополнительной обработки почвы (дисковые, лапы, щелерезы);
- для закрытия влаги и предпосевной обработки почвы (пружинные и зубовые рабочие органы, рыхлители и лапы на пружинной, жёсткой или подпружиненной стойках);
- для посева сельскохозяйственных культур (дисковые, лаповые, анкерные, килевидные, Т-образные сошники);
- для разрушения почвенной корки (зубовые, роторные, пружинные);
- катки различных типов для выравнивания, рыхления и мульчирования поверхности поля.

Для уменьшения количества и типов выпускаемых машин они должны быть универсальными, комбинированными и унифицированными [10].

Степень универсализации машин зависит от размеров площади пашни и направления деятельности хозяйства. Большую долю по количеству хозяйств (60...70 %) составляют фермерские хозяйства с площадью пашни до 1000...1200 га. Для них, имеющих в основном один трактор класса тяги 3, покупать отдельные почвообрабатывающие и посевные машины экономически нецелесообразно. Поэтому для таких хозяйств разработаны универсальные и комбинированные почвообрабатывающие посевные машины, которые выполняют все виды работ по основной, дополнительной и предпосевной обработкам почвы и посеву различных сельскохозяйственных культур.

ДИСКУССИОННЫЕ MATEPИAЛЫ: ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / DISCUSSION PAPERS: ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE

Доля хозяйств с площадью пашни 7...10 тыс. га составляет до 25...35%. Как показывают опыт и расчёты, для таких хозяйств, имеющих тракторы класса тяги 3...5, необходимы универсальные и комбинированные машины для выполнения основной обработки почвы со сменными рабочими органами (отвальная, безотвальная, чизельная), для дополнительной обработки почвы — со сменными модулями с различными типами рабочих органов для работы на глубину 0,10...0,16 м и почвообрабатывающие посевные машины с посевной секцией со сменными сошниками для работы на глубину 0,06...0,15 м.

Для крупных хозяйств и агрохолдингов с площадью пашни более 10 тыс. га необходимы комбинированные орудия для тракторов класса тяги 4...5, выполняющих одну технологическую операцию.

Вновь создаваемый комплекс почвообрабатывающих и посевных машин должен: выполнять все элементы технологии в севообороте для различных почвенно-климатических зон с соблюдением агротехнических требований к обработке почвы и посеву; иметь малую металлоёмкость, прочность и надёжность конструкции, малое тяговое сопротивление, высокую производительность, малую стоимость и расход топлива; отвечать требованиям безопасности и экологии, выполнять требования всех элементов технологического процесса работы агрегата и обеспечить плотность сложения почвы в пределах агродопуска для возделываемой культуры.

Ранее проведёнными исследованиями [11] установлено, что конструктивная схема почвообрабатывающих и посевных машин оказывает большое влияние на металлоёмкость, тяговое сопротивление и производительность агрегатов. Установлено, что при расположении рабочих органов на раме в шахматном порядке металлоёмкость почвообрабатывающих машин с увеличением ширины захвата возрастает по прямой, тогда как при расположении рабочих органов на раме по плужной схеме металлоёмкость возрастает по параболе. Металлоёмкость почвообрабатывающих машин при других равных условиях оказывает прямое воздействие на тяговое сопротивление и производительность агрегата. Для почвообрабатывающих посевных агрегатов с пневматическим высевом семян расположение бункера для семян и удобрений впереди почвообрабатывающей части или на его прицепном устройстве обеспечивает меньшее тяговое сопротивление и большую производительность.

В зависимости от силы тяжести, способа обработки почвы и посева разрабатываемые орудия выполняются навесными, полунавесными и прицепными. Независимо от способа агрегатирования они должны отвечать требованиям присоединения орудия к трактору, транспортирования, рабочего процесса, заглубления, выглубления и разворота на концах загонок, а также должны легко настраиваться на заданные условия работы (глубина обработки, норма высева семян и удобрений и т. д.) и иметь небольшую трудоёмкость ухода.

Большое значение при выборе состава агрегата имеет величина уплотнения почвы ходовыми системами трактора и сельскохозяйственной машины. Допустимые значения уплотнения при обработке почвы и посеве находятся в пределах 0,9...1,2 кг/см². Наименьшее уплотнение почвы обеспечивают гусеничные или колёсные тракторы со сдвоенными колёсами с шинами низкого давления [11].

По разработанной методике и математическим зависимостям, полученным для расчёта металлоёмкости машин, тягового сопротивления и производительности агрегатов, а также их конструктивных параметров [12, 13], конструкторами ООО «Челябинский компрессорный завод» проведены расчёты и получены конструктивные схемы и параметры почвообрабатывающих и посевных машин для тракторов класса тяги 1,4...5,0, обеспечивающие минимум тягового сопротивления и максимум производительности агрегатов. Аналогичные орудия выпускаются в ООО «Варнаагромаш» (табл. 2).

Выпускаемый комплекс машин отвечает требованиям всех типов хозяйств. Для мелких фермерских хозяйств выпускаются универсальные комбинированные почвообрабатывающие посевные машины ППА-5 и ППА-7 со сменными модулями для тракторов класса тяги 1.4...3, выполняющие основную, дополнительную и предпосевную обработки почвы, закрытие влаги, улучшение лугов и пастбищ и посев сельскохозяйственных культур разными способами. Такой агрегат по сравнению с зарубежными аналогами снижает металлоемкость в 3...5 раз, потребную мощность в 2 раза; обеспечивает снижение расхода топлива в 2...3 раза, полную вписываемость в зональные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, возможность быстрой переналадки на различные виды работ, малую стоимость и большую производительность. Таким образом, мелкие фермерские хозяйства, имея один трактор и один агрегат, могут выполнить все виды работ по принятой в хозяйстве технологии.

ДИСКУССИОННЫЕ MATEPUAЛЫ: ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / DISCUSSION PAPERS: ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE

Таблица 2 – Комплекс почвообрабатывающих, посевных и других машин к тракторам различных тяговых классов, выпускаемых в ООО «Челябинский компрессорный завод» и ООО «Варнаагромаш» / Table 2 – A complex of tillage, sowing and other machines for tractors of various traction classes, manufactured by Chelyabinsk Compressor Plant LLC and Varnaagromash LLC

Технологические операции предлагаемой технологии / Technological operations of the proposed technology	Тяговый класс трактора / Tractor traction class			
	1,4	2-3	4-5	
Послеуборочное поверхностное рыхление на глубину 35 см / Post-harvest surface tillage at a depth of 35 сm	БП-15 / ВР-15 КБМ-7,2 ПВ / КВМ-7.2 PV	БП-21 / ВР -21 КБМ-10,5 ПВ / КВМ -10.5 PV	БП-21 / BP -21 БП-27 / BP -27	
Основное зяблевое влагопоглащающее рыхление почвы (безотвальное или отвальное на глубину 1030 см) / The main autumn moisture-absorbing loosening of the soil (subsurface or moldboard to a depth of 10 30 cm)	БДН-2,2x2 / BDN-2.2x2 БДН-2,4x2 / BDN-2.4x2 КПУ-2,5 / КРU-2.5 КБМ-7,2ПВ / KBM-7.2 PV	БДН-4,0x2 / BDN-4.0x2 БДП-4,0x4 / BDP-4.0x4 КПУ-3,0 / КРU-3.0 КПУ-4,0 / КРU-4.0 ПФУ-2,4 / PFU-2.4 КЛДП-4 / KLDP-4 КЛДП-6 / KLDP-6	БДН-6,0x2 / BDN-6.0x2 БДН-6,0x4 / BDN-6.0x4 БДН-8,0x2 / BDN-8.0x2 БДН-8,0x4 / BDN-8.0x4 КПУ-6,0 / КРU-6.0 КПУ-8,0 / КРU-8.0 ПФУ-4,0 / PFU-4.0 КЛДП-7,2 / KLDP-7.2 КЛДП-10,5 /	
Основная чизельная обработка на всю глубину 3540 см / Primary chisel tillage to the entire depth of 35 40 cm	-	КГ-2,5 / KG-2.5 КГ-3,5 / KG-3.5	KΓ-6,0 / KG-6.0	
Глубокорыхлитель чизельный с внесением удобрений на глубину 2030 см / Chisel deep-ripper with fertilizer to a depth of 20 30 cm	-	ГРП-4,0 / GRP-4.0	ГРП-5,0 / GRP-5.0 ГРП-6,0 / GRP-6.0	
Закрытие влаги на глубину 45 см / Moisture retention to a depth of 45 сm	БП-15 / ВР-15 КБМ-7,2 ПВ / КВМ-7.2 PV	БП-21 / ВР-21 КБМ- 10,5 ПВ / КВМ-10.5 PV	БП-21 / ВР-21 БП-27 / ВР-27	
Предпосевная обработка почвы на глубину 48 см / Pre-sowing tillage to a depth of 4 8 сm	БДН-2,2x2 / BDN-2.2x2 БДН-2,4x2 / BDN-2.4x2 КПУ-2,5 / KPU-2.5 KБМ-7,2ПВ / KBM-7.2 PV	БДН-4,0x2 / BDN-4.0x2 БДП-4,0x4 / BDP-4.0x4 КПУ-3,0 / КРU-3.0 КПУ-4,0 / КРU-4.0 КБМ-10,5ПВ / KBM -10.5 PV	БДН-6,0x2 / BDN-6.0x2 БДН-8,0x2 / BDN-8.0x2 КПУ-6,0 / КРU-6.0 КПУ-8,0 / KPU-8.0	
Посев сельскохозяйственных культур на глубину 28 см, в засушливые годы на глубину до 12 см / Sowing of crops to a depth of 28 сm, in arid years to a depth of 12 cm	СКП-2,1 / SKP-2.1 СКУ-4,0 / SKU-4.0	СКП-2,1х3 шт. / SKP - 2.1х3 pcs. СКУ-4,0х2 шт. / SKU -4.0х2 pcs. ПК-8,0 / PK-8.0 КПМ-9900 / КРМ-9900	СКП-2,1х5 шт. / SKP-2.1х5 рсs. СКП-2,1х7 шт. / SKP-2.1х7 рсs. СКУ-4,0х3 шт. / SKU-4.0х3 рсs. СКУ-4,0х4 шт. / SKU-4.0х4 рсs. ПК-10,0 / PK-10.0 ПК-12,0 / PK-12.0	
Почвообрабатывающий посевной arperar / Tillage sowing unit	ППА-5 / РРА-5	ППА-7 / РРА-7	-	

ДИСКУССИОННЫЕ MATEPИAЛЫ: ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / DISCUSSION PAPERS: ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE

Для средних фермерских хозяйств выпускаются универсальные комбинированные машины и агрегаты для основной обработки, плуги фронтальные универсальные ПФУ-2,4 и ПФУ-4,0 к тракторам класса тяги 3...5, которые выполняют отвальную и безотвальную обработки и чизелевание почвы с универсальными рабочими органами.

Для дополнительной и предпосевной обработки почвы разработаны и выпускаются универсальные орудия, которые состоят из несущей рамы и сменных легко снимаемых модулей с лапами различных типов, дисковыми и чизельными рабочими органами с шириной захвата от 4 до 8 метров (КДЧП-4, КДЧП-6, КДЧП-8).

Для чизельной обработки почвы с одновременным внесением минеральных удобрений на глубину до 30 см выпускаются орудия ГРП шириной захвата от 4 до 8 метров, которые могут работать отдельно без бункера как глубокорыхлитель. Для закрытия влаги и предпосевной обработки почвы выпускаются бороны с пружинными рабочими органами БП-15, БП-21 и БП-27, блочно-модульные культиваторы с рыхлительными и лаповыми рабочими органами на пружинной стойке КБМ-7,2 ПВ, КБМ-10,5 ПВ, а также культиваторы КПУ-3, КПУ-4,0, КПУ-6,0, КПУ-8,0 с лаповыми рабочими органами. Для предпосевной обработки и посева выпускаются сеялки СКП-2,1, которые через сцепку агрегатируются с тракторами различного тягового класса, а также почвообрабатывающие посевные агрегаты ПК-8,0, КПМ-9900, ПК-10,0, ПК-12,0. Для одновременного посева семян различных культур (бинарный посев) выпускаются сеялки СКУ-4,0, которые через сцепку могут агрегатироваться с тракторами класса тяги 3...5. Эти посевные агрегаты и сеялки снабжены универсальными посевными секциями для посева семян со сменными дисковыми, лаповыми, анкерными и килевидными сошниками.

Для крупных хозяйств выпускаются широкозахватные комбинированные машины и агрегаты для тракторов класса тяги 5 с одним типом установленных рабочих органов для закрытия влаги БП-21, БП-27, для основной обработки почвы ПФУ-5,6, КГ-6,0, ГРП-6,0, для дополнительной обработки почвы БДН-8,0х2; БДП-8,0х2; БДП-8,0х4, БДП-10,0х4,

КПУ-8,0, КПУ-10,0, а для предпосевной обработки почвы и посева почвообратывающие посевные агрегаты ПК-10,0, ПК-12,0 с универсальной посевной секцией.

Для всех типов хозяйств для рыхления почвенной корки до и после посева выпускаются бороны ротационные БРН-6; БРН-9С; БРН-12С.

Для уборки зерновых культур и семенников трав прямым комбайнированием разработана и выпускается очесывающая жатка ОЖН-6 и ОЖН-7, навешиваемая на все типы комбайнов. Жатка приспособлена к уборке полеглых и сильно засоренных участков при влажности зерна до 30 %. Применение очесывающей жатки позволяет оставить высокую стерню, что приводит к эффективному снегозадержанию.

Для перевозки всех типов сыпучих грузов (зерна, песка и т. д), сена, сенажа и силоса с подпрессовкой, для разбрасывания органических удобрений по поверхности поля полосой до 24 м, а также для заправки сеялок и перегрузки зерна в другой транспорт разработаны и выпускаются полуприцепы с выдвижным передним бортом двухосные ПТВ-271, грузоподъемностью до 20 т, трехосные ПТВ-381, ПТВ-391 грузоподъемностью до 30 т и четырехосные ПТВ-491 и ПТВ-4101 грузоподъемностью до 40 т с объемом кузова от 35 до 60 м³. Полуприцепы изготавливаются из оцинкованной стали, а борта и площадка из нержавеющей стали, что повышает срок их службы.

Разработанный и выпускаемый на заводах ООО «Челябинский компрессорный завод» и ООО «Варнаагромаш» комплекс машин для возделывания сельскохозяйственных культур для различных типов хозяйств позволяет выполнить все элементы технологии, принятой в зоне в соответствии с агротехническими требованиями и почвенноклиматическими условиями зоны. При этом предлагаемые сменные рабочие органы имеют определенные параметры, что позволяет хозяйствам выбрать соответствующие условиям зоны рабочие органы.

Отечественные машины по сравнению с зарубежными аналогами, как показывают их сравнительные испытания в хозяйствах, имеют малую стоимость, лучшие качества работы, малое тяговое сопротивление и большую производительность [10].

ДИСКУССИОННЫЕ MATEPUAЛЫ: ОРИГИНАЛЬНАЯ CTATЬЯ / DISCUSSION PAPERS: ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE

Выводы. Проанализировав работу комплекса машин, выпускаемых ООО «Челябинский компрессорный завод» и ООО «Варнаагромаш», можно сделать следующие выводы:

- 1. Предложена универсальная технология возделывания сельскохозяйственных культур, которая предусматривает применение различных способов обработки почвы и посева с различными типами рабочих органов в зависимости от почвенно-климатических условий зон и вида возделываемой культуры, направлена на сохранение, накопление влаги и экономное её использование в вегетационный период.
- 2. Установлена степень универсализации комплекса комбинированных машин для хозяйств с различной площадью пашни, которая направлена на экономию средств хозяйств и снижение себестоимости полученной продукции.
- 3. Согласно обоснованным параметрам, выпускается комплекс почвообрабатывающих и посевных машин с различной степенью универсализации для тракторов класса тяги 1,4...5, которые обеспечивают возможность выполнения всех элементов рекомендуемой технологии возделывания сельскохозяйственных

культур для различных типов хозяйств в соответствии с агротехническими требованиями.

- 4. Испытаниями установлено, что разработанный комплекс машин выполняет все элементы технологического процесса работы агрегатов (агрегатирование, транспортно-рабочий процесс, заглубления, выглубления, повороты в положениях дальнего и ближнего транспорта, регулирование на заданные условия работы), имеет малое тяговое сопротивление и большую производительность агрегатов.
- 5. Разработанная и используемая на заводах ООО «Челябинский компрессорный завод» и ООО «Варнаагромаш» методика создания новых машин обеспечивает возможность выпуска ресурсосберегающего импортозамещающего комплекса машин для обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур для тракторов класса тяги 1,4...5, обеспечивающих выполнение агротребований и повышающих производительность агрегатов для различных типов хозяйств и разных почвенно-климатических зон. Наибольшее распространение для выполнения полевых работ находят тракторы класса тяги 3...4.

Список литературы

- 1. Козаченко А. П. Состояние, почвенно-экологическая оценка и процессы реабилитации и использования земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области на основе адаптивно-ландшафтной системы земледелия: монография. Челябинск, 2004. 380 с.
 - 2. Мальцев Т. С. Система безотвального земледелия. М.: Агропромиздат, 1988. 126 с.
 - 3. Почвозащитное земледелие. Под общ. ред. А. И. Бараева. М.: Колос, 1975. 304 с.
- 4. Зыбалов В. С., Добровольский И. П., Рахимов Р. С., Хлызов Н. Т., Капкаев Ю. Ш. Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области: монография. Челябинск, 2016. 266 с.
- 5. Зыбалов В. С., Добровольский И. П., Хлызов Н. Т., Рахимов И. Р., Бархатов В. И. Управление плодородием почв Челябинской области: монография. Челябинск, 2018. 193 с.
- 6. Влагоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях: науч. изд. ФАНО России, ВИМ, ВНИМС. Науч.-метод. рук. А. Ю. Измайлов, Н. Т. Соркин. Рязань: ВНИМС, 2014. 245 с.
 - 7. Труфанов В. В. Глубокое чизелевание почвы. ВАСХНИЛ. М.: Агропромиздат, 1989. 139 с.
- 8. Жук А. Ф. Почвовлагосберегающие агроприемы, технологии и комбинированные машины. М.: Росинформагротех, 2012. 143 с.
 - 9. Мазитов Н. К. Ресурсосберегающие почвообрабатывающие машины. Казань, 2003. 456 с.
- 10. Окунев Г. А., Рахимов Р. С. Совершенствование и развитие технологии и технического оснащения зернового производства целинных районов СНГ. Агротехническая наука сельскохозяйственному производству: сб. трудов. Костанай, 2012. С.31-37.
- 11. Лурье А. Б., Любимов А. И. Широкозахватные почвообрабатывающие машины. Л.: Машиностроение Ленингр. отд-ние, 1981. 270 с.
- 12. Мазитов Н. К. Российская техника и технология производства продукции здорового жизнеобеспечения. М.: ООО «Сам Полиграфист», 2019. 260 с.
- 13. Рахимов Р. С., Коновалов В. Н., Рахимов И. Р., Ялалетдинов Д. А. Разработка и производство комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур в острозасушливых условиях. Технологии и средства механизации в АПК: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф. Института агроинженерии, посвящ. 80-летию со дня рождения В. В. Бледных. Троицк: Южно-Уральский ГАУ, 2018. С.148-155.

ДИСКУССИОННЫЕ MATEPИAЛЫ: ОРИГИНАЛЬНАЯ CTATЬЯ / DISCUSSION PAPERS: ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE

- 14. Сафин Х. М., Фахрисламов Р. С., Шварц Л. С., Давлетшин Ф. М., Мударисов С. Г., Рахимов З. С., Аюпов Д. С., Уметбаев А. Ш. Агротехнические особенности использования Strip-till технологии в растениеводстве (рекомендация производству). Уфа: Мир печати, 2017. 44 с. Режим доступа: https://apkrb.info/sites/default/files/doc/pdf/agrotehnicheskieosobennostiispolzovaniyastrip-till.pdf
 - 15. No-till шаг к идеальному земледелию. Под ред. Б. Батурина. Киев: изд-во «Зерно», 2007. 128 с.
- 16. Мазитов Н. К., Саханов Р. Л., Шогенов Ю. Х., Шарафеев Л. З., Ценч Ю. С., Рахимов И. Р. Конкурентоспособный комплекс техники и технологии для производства зерна и кормов. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(3):299-308. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.299-308

References

- 1. Kozachenko A. P. Sostoyanie, pochvenno-ekologicheskaya otsenka i protsessy reabilitatsii i ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya Chelyabinskoy oblasti na osnove adaptivno-landshaftnoy sistemy zemledeliya: monografiya. [The state, soil and environmental assessment and the processes of rehabilitation and use of agricultural land in the Chelyabinsk region on the basis of the adaptive landscape farming system: monograph]. Chelyabinsk, 2004. 380 p.
- 2. Mal'tsev T. S. *Sistema bezotval'nogo zemledeliya*. [System of subsurface farming]. Moscow: *Agropromizdat*, 1988. 126 p.
- 3. Pochvozashchitnoe zemledelie. [Conservation agriculture]. Pod obshch. red. A. I. Baraeva. Moscow: Kolos, 1975. 304 p.
- 4. Zybalov V. S., Dobrovol'skiy I. P., Rakhimov R. S., Khlyzov N. T., Kapkaev Yu. Sh. *Ratsional'noe ispol'zovanie zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya Chelyabinskoy oblasti: monografiya*. [Rational use of agricultural land in the Chelyabinsk region: monograph]. Chelyabinsk, 2016. 266 p.
- 5. Zybalov V. S., Dobrovol'skiy I. P., Khlyzov N. T., Rakhimov I. R., Barkhatov V. I. *Upravlenie plodorodiem pochv Chelyabinskoy oblasti: monografiya*. [Soil fertility management in the Chelyabinsk region: monograph]. Chelyabinsk, 2018. 193 p.
- 6. Vlagoakkumuliruyushchie tekhnologii, tekhnika dlya obrabotki pochv i ispol'zovanie mineral'nykh udobreniy v ekstremal'nykh usloviyakh: nauch. izd. FANO Rossii, VIM, VNIMS. [Moisture-accumulating technologies, equipment for soil treatment and the use of mineral fertilizers in extreme conditions: scientific. ed. FANO Russia, VIM, VNIMS]. Nauch.-metod. ruk. A. Yu. Izmaylov, N. T. Sorkin. Ryazan': VNIMS, 2014. 245 p.
- 7. Trufanov V. V. *Glubokoe chizelevanie pochvy*. [Deep chisel tillage of soil]. *VASKhNIL*. Moscow: *Agropromizdat*, 1989. 139 p.
- 8. Zhuk A. F. *Pochvovlagosberegayushchie agropriemy, tekhnologii i kombinirovannye mashiny*. [Soil-moisture-saving agricultural practices, technologies and combined machines]. Moscow: *Rosinformagrotekh*, 2012. 143 p.
- 9. Mazitov N. K. *Resursosberegayushchie pochvoobrabatyvayushchie mashiny*. [Resource-saving tillage machines]. Kazan', 2003. 456 p.
- 10. Okunev G. A., Rakhimov R. S. Sovershenstvovanie i razvitie tekhnologii i tekhnicheskogo osnashcheniya zernovogo proizvodstva tselinnykh rayonov SNG. [Improvement and development of technology and technical equipment for grain production of virgin regions of the CIS]. Agrotekhnicheskaya nauka sel'skokhozyaystvennomu proizvodstvu: sb. trudov. [Agrotechnical science of agricultural production: Collected papers.]. Kostanay, 2012. pp. 31-37.
- 11. Lur'e A. B., Lyubimov A. I. *Shirokozakhvatnye pochvoobrabaty-vayushchie mashiny*. [Wide-spread tillage machines]. Leningrad: *Mashinostroenie Leningr. otd-nie*, 1981. 270 p.
- 12. Mazitov N. K. Rossiyskaya tekhnika i tekhnologiya proizvodstva produktsii zdorovogo zhizne-obespecheniya. [Russian equipment and technology for the production of healthy life support products]. Moscow: OOO «Sam Poligrafist», 2019. 260 p.
- 13. Rakhimov R. S., Konovalov V. N., Rakhimov I. R., Yalaletdinov D. A. Razrabotka i proizvodstvo kompleksa mashin dlya vozdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v ostrozasushlivykh usloviyakh. [Development and production of a complex of machines for cultivating agricultural crops in extremely arid conditions]. Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii v APK: mat-ly Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. Instituta agroinzhenerii, posvyashch.80-letiyu so dnya rozhdeniya V. V. Blednykh. [Technology and means of mechanization in the agricultural sector: Proceedings of the International scientific and practical Conference of the Institute of Agroengineering]. Troitsk: Yuzhno-Ural'skiy GAU, 2018. pp.148-155.
- 14. Safin Kh. M., Fakhrislamov R. S., Shvarts L. S., Davletshin F. M., Mudarisov S. G., Rakhimov Z. S., Ayupov D. S., Umetbaev A. Sh. *Agrotekhnicheskie osobennosti ispol'zovaniya Strip-till tekhnologii v rastenie-vodstve (rekomendatsiya proizvodstvu)*. [Agrotechnical features of the use of Strip-till technology in crop production (production recommendation)]. Ufa: *Mir pechati*, 2017. 44 p. URL: https://apkrb.info/sites/default/files/doc/pdf/agrotehnicheskieosobennostiispolzovaniyastrip-till.pdf

ДИСКУССИОННЫЕ MATEPИAЛЫ: ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / DISCUSSION PAPERS: ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE

- 15. No-till shag k ideal'nomu zemledeliyu. [No-till a step towards perfect farming]. Pod red. B. Baturina. Kiev: izd-vo «Zerno», 2007. 128 p.
- 16. Mazitov N. K., Sakhanov R. L., Shogenov Yu. Kh., Sharafeev L. Z., Tsench Yu. S., Rakhimov I. R. *Konkurentosposobnyy kompleks tekhniki i tekhnologii dlya proizvodstva zerna i kormov*. [Competitive complex of machinery and technologies for the production of grain and feed]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(3):299-308. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.299-308

Сведения об авторах

Рахимов Раис Саитгалеевич, доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», пр. Ленина, д. 75, г. Челябинск, Российская Федерация, 454080, e-mail: tvi t@mail.ru, ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7784-9756

Рахимов Ильдар Раисович, кандидат техн. наук, доцент кафедры ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», пр. Ленина, д. 75, г. Челябинск, Российская Федерация, 454080, e-mail tvi t@mail.ru, **ORCID:** http://orcid.org/0000-0003-0020-6634, e-mail: ildarr@bk.ru

Ялалетдинов Денис Альбертович, зам. генерального директора ООО «Челябинский компрессорный завод», Красноармейский район, автодорога Челябинск-Новосибирск, 14-й километр, Российская Федерация, 454071, e-mail: chkz@chkz.ru

Фетисов Евгений Олегович, аспирант ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», пр. Ленина, д. 75, г. Челябинск, Российская Федерация, 454080, e-mail tvi_t@mail.ru,

ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6006-5904, e-mail: dgon ice@mail.ru

Хамитов Янис Юльфаризович, инженер ООО «Челябинский компрессорный завод», Красноармейский район, автодорога Челябинск-Новосибирск, 14-й километр, Российская Федерация, 454071, e-mail: chkz@chkz.ru

Юмагужин Рим Мирасович, инженер ОТК, ДСХМ ООО «Челябинский компрессорный завод», пр. Ленина 2, к. 3, г. Челябинск, Российская Федерация, 454007, e-mail: chkz@chkz.ru, e-mail: ur@chkzagro.ru

Рахимжанов Артур Ринадович, аспирант ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», пр. Ленина, д. 75, г. Челябинск, Российская Федерация, 454080, e-mail: tvi_t @mail.ru,

ORCID: http://orcid.org/0000-0002-2484-1010, e-mail: rahimzhanov@chkzagro.ru

Анохин Сергей Вячеславович, главный конструктор ООО «Варнаагромаш», ул. Гагарина, д. 187, с. Варна, Челябинская область, Российская Федерация, 457200, e-mail: varnaagromash@mail.ru, e-mail: ASW0891@mail.ru

Information about authors

Rais S. Rakhimov, DSc in Technical science, professor, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education «South Ural State Agrarian University», 75 Lenin Ave., Chelyabinsk, Russian Federation, 454080, e-mail tvi t@mail.ru, ORCID: http://orcid.org/0000-0001-7784-9756

Ildar R. Rakhimov, PhD in Technical science, associate professor, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education «South Ural State Agrarian University», 75 Lenin Ave., Chelyabinsk, Russian Federation, 454080, e-mail tvi t@mail.ru, ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0020-6634, e-mail: ildarr@bk.ru

Denis A. Yalaletdinov, Deputy General Director of Chelyabinsk Compressor Plant LLC, Krasnoarmeysk district, Chelyabinsk-Novosibirsk highway, 14th kilometer, Russian Federation, 454071, e-mail: chkz@chkz.ru

Evgeny O. Fetisov, postgraduate student, South Ural State Agrarian University, 75 Lenin Ave., Chelyabinsk, Russian Federation, 454080, e e-mail tvi_t@mail.ru, ORCID: http://orcid.org/0000-0001-6006-5904, e-mail: dgon ice@mail.ru

Yanis Yu. Khamitov, engineer, Chelyabinsk Compressor Plant LLC, Krasnoarmeysk district, Chelyabinsk-Novosibirsk highway, 14th kilometer, Russian Federation, 454071, e-mail: chkz@chkz.ru

Rim M. Yumaguzhin, QCD engineer, DSHM LLC Chelyabinsk Compressor Plant, Lenin Ave. 2 k3, Chelyabinsk, Russian Federation, 454007, chkz@chkz.ru, e -mail: ur@chkzagro.ru

Arthur R. Rakhimzhanov, postgraduate student, FSBEI HE "South Ural State Agrarian University", 75 Lenin Ave., Chelyabinsk, Russian Federation, 454080, e-mail tvi_t@mail.ru, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-2484-1010, e-mail: rahimzhanov@chkzagro.ru

Sergey V. Anokhin, chief designer of LLC Varnaagromash, 187, Gagarin Street, s. Varna, Chelyabinsk region, 457200, Russian Federation, e-mail: varnaagro-mash@mail.ru, e-mail: ASW0891@mail.ru