УДК: 631.343:631.538

МЕТОД МОДЕРНИЗАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПУТЁМ РЕЦИКЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ

Пархоменко Г.Г., вед.н.сотр.
отдела механизации растениеводства, к.т.н.
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт
механизации и электрификации сельского хозяйства
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград,
тел. 89188917774, e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru
Пархоменко С.Г., доцент кафедры тракторов и автомобилей, к.т.н.,
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО
«Донской государственный аграрный университет»,
г. Зерноград, тел. 89188917773, e-mail: s-parkhom@mail.ru

METHOD OF MODERNIZATION OF MACHINE-TRACTOR UNITS BY RECYCLING OF FUNCTIONAL BLOCKS

Parkhomenko G.G., Leading Researcher Department
of Mechanization of Plant Growth, Candidate of Technical Sciences
North-Caucasian Research Institute mechanization and electrification of agriculture
FBBU «Agrarian Science Center» Donskoy «, Zernograd,
tel. 89188917774, e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru
Parkhomenko S.G., Associate Professor of the Department
of Tractors and Cars, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Azov-Black Sea Engineering Institute FGBOU VO «Don State Agrarian University»,
Zernograd, tel. 89188917773, e-mail: s-parkhom@mail.ru

Реферат. *Статья посвящена вопросам совершенствования автоматических устройств. Автоматические устройства можно разделить на две группы: прямого и непрямого действия. Предпочтительнее непрямое воздействие. В статье представлен анализ автоматических устройств, применяемых для обработки почвы. Следящие устройства могут быть гидравлическими, электрогидравлическими и пневматическими. Гидравлические устройства дешевле электрических и пневматических. Гидравлические устройства имеют более высокую удельную энергонасыщенность. Вес гидравлических элементов благодаря высокой энергонасыщенности в 7-10 раз меньше веса электрических элементов той же мощности. Выбраны гидравлические следящие устройства. Приведены результаты усовершенствования гидравлической следящей системы машин для обработки почвы в рядах многолетних насаждений, применение которой позволит снизить затраты энергии на 49%. Проанализированы недостатки существующих гидравлических следящих систем, управляющих рабочим органом для обработки почвы. Установлено, что трапецеидальный механизм оставляет наименьшую необработанную площадь почвы. Другие механизмы оставляют необработанную площадь в 1,37-1,46 раза больше, чем трапецеидаль-*

ный. Разработана конструкция гидрораспределителя. Рассмотрен рабочий процесс в предлагаемой гидравлической следящей системе, который характеризуется повышением давления только в штоковой полости гидроцилиндра. Положительный эффект снижения затрат энергии может быть увеличен путём рационального выбора параметров рабочего органа.

Abstract. *The article is devoted to the questions of perfection of automatic devices. Automated devices can be divided into two groups: direct and indirect action. Preferable to indirect action. The article presents an analysis of the automatic devices used for a soil cultivation. Follower devices can be hydraulic, electro-hydraulic and pneumatic. Hydraulic devices at lower electric and pneumatic. Were chosen hydraulic follower devices. The best of energy and quality indicators of the technological process provided by when using hydraulic follower devices of devices. Hydraulic devices have higher specific energy content. The weight hydraulic elements thanks to high energy content of 7-10 times less the weight of electrical elements of the same capacity. Developed the method of computer modeling of follower systems. Presents results of improvement of hydraulic servo system of tillage machines for processing the soil in rows of perennial plants, the application of which will reduce energy costs by 49%. Analyzed the shortcomings of the existing hydraulic servo systems governing the working body for tillage. It is established that the smallest a trapezoidal mechanism leaves the untreated soil area. Other mechanisms leave untreated area 1,37-1,46 times than a trapezoidal. The developed design of the valve. Reviewed the workflow in the proposed hydraulic servo system, which is characterized by a pressure increase only in the rod end of cylinder cavity. The positive effect of reducing the cost of energy can be increased by rational choice of parameters of the working body.*

Ключевые слова: *гидравлическая следящая система, затраты энергии, защитная зона, рабочий орган, почва, гидрораспределитель*

Keywords: *hydraulic servo system, energy costs, safety zone, working body, soil, valve.*

Повышение точности регулирования режимов эксплуатации требует разработки современных систем автоматического регулирования (САР) почвообрабатывающих агрегатов. Все автоматические устройства можно разделить на две группы: прямого и непрямого (косвенного) действия. В устройствах прямого действия управление осуществляется непосредственно за счёт реакции объекта на обрабатываемую среду [1, 2]. В устройствах непрямого (косвенного) действия перемещение объекта управления осуществляется за счёт энергии, подводимой извне, источником которой в общем случае является двигатель трактора. Подобное управление осуществляется чувствительным элементом, взаимодействующим непосредственно с обрабатываемой средой. В устройствах непрямого действия чувствительный элемент оказывает определенное силовое воздействие на обрабатываемую среду, исключающее повреждение или нарушение её свойств. Автоматические устройства непрямого действия по виду алгоритма функционирования могут быть программными, астатическими и следящими. Механические устройства по виду алгоритма функционирования являются программными. При получении сигнала от обрабатываемой среды срабатывает пусковое (или спусковое) устройство, затем исполнительный механизм с объектом управления совершает заранее предопределенное движение с постоянными

параметрами, далее возвращается в исходное положение и находится в нём до получения следующего сигнала [1, 2]. Основным недостатком программных устройств является отсутствие в них позиционного соответствия между положениями объекта управления и чувствительного элемента: если по какой-либо причине началось движение, то оно должно полностью завершиться. Механический привод не пригоден, поскольку требуются большие усилия на его включение, что вызывает недопустимо сильное воздействие на обрабатываемую среду; значительная инерционность привода заставляет снижать рабочие скорости; конструкция устройства содержит значительное количество звеньев и поэтому очень сложна. Гидравлические устройства не имеют данных недостатков. Их основными достоинствами являются: малые усилия при включении исполнительных механизмов; возможность получения больших исполнительных усилий; простота устройства, малый вес на единицу мощности; малые перемещения щупа; малая инерционность привода позволяет применять достаточно высокие скорости движения агрегата. Наряду с достоинствами, у гидравлических устройств отмечен ряд недостатков [2]. К ним относятся: возможность утечки жидкости, изменение характеристик привода из-за изменения вязкости жидкости от температуры, чувствительность к загрязнениям рабочей среды и т.д. Однако эти недостатки не снижают функциональных преимуществ гидравлических устройств. У астатических устройств, как и у программных, не существует однозначного статического соответствия между положениями чувствительного элемента и объекта управления. Характер и параметры движения объекта управления не могут быть заданы заранее, они непрерывно изменяются при движении в существенных пределах. Таким образом, технологический процесс нецелесообразно осуществлять по заранее установленному жёсткому закону его перемещений, когда управляемая величина независимо от режима работы объекта сохраняет постоянное значение, т.е. в астатическом режиме. Поэтому необходимо устройство, осуществляющее слежение, т.е. управление объектом производится в соответствии с задающим воздействием, содержащим текущую информацию о взаимодействии с обрабатываемой средой. Следящие устройства характеризуются наличием обратной связи. Наличие отрицательной обратной связи по регулируемым параметрам, к которым относят положение объекта управления или его производные (скорость, ускорение), является характерным признаком следящего устройства. Отрицательная обратная связь уменьшает суммарное воздействие звеньев автоматического устройства, связанных обратной связью. Следящие устройства по типу исполнительного механизма могут быть гидравлическими, электрогидравлическими и пневматическими. Гидравлические устройства обладают преимуществами по сравнению с электрическими и пневматическими. Гидравлические устройства имеют более высокую удельную энергонасыщенность. Вес гидравлических элементов благодаря высокой энергонасыщенности в 7-10 раз меньше веса электрических элементов той же мощности [2]. Немаловажным фактором является также наличие на тракторе источника гидравлической энергии, который позволяет использовать до 30% всей мощности двигателя. Поэтому гидравлические системы автоматического регулирования (САР) значительно дешевле электрических и пневматических, для работы которых необходима установка соответствующих источников.

Целью исследований является сокращение затрат энергии на осуществле-

ние технологического процесса при повышении точности регулирования режимов эксплуатации машинно-тракторных агрегатов.

Гидравлические системы автоматического регулирования (САР) нашли своё применение в конструкциях машин для обработки почвы в рядах садов и виноградников [3, 4, 5, 6]. В результате несовершенства конструкции гидросистем САР заданные энергетические показатели технологического процесса могут не соответствовать требуемым. Узлы существующих гидросистем машин для обработки почвы в рядах садов и виноградников не согласованы между собой по функциональным параметрам (подаче масла, давлению). Поэтому их работа сопровождается нагревом масла гидросистемы трактора свыше 70ºС за короткий период времени, обусловленная несовершенством конструкции гидрораспределителя. Несмотря на предусмотренные в конструкции машины (например, культиватора КСГ-5, фрезы ФА-0,76) три положения золотника, во время его работы используется в основном только промежуточное положение между нейтральным и одним из крайних для удержания рабочего органа в ряду за счёт избыточного давления в поршневой полости гидроцилиндра.

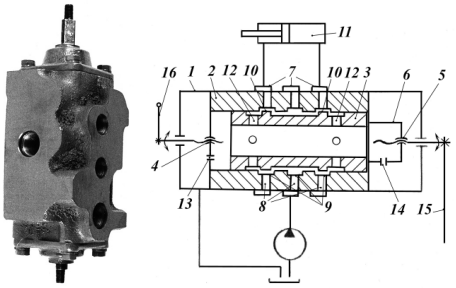
Методика. Совершенствование конструкций гидросистем машин для обработки почвы в рядах садов и виноградников возможно осуществить путём рециклизации – заменой существующего гидрораспределителя на изделие вторичного изготовления, получаемое в результате демонтажа и технологических переделов соответствующего функционального блока, используемого ранее по иному назначению (согласно ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения»).

Предлагаемый гидрораспределитель унифицирован с регулятором Р-50, который устанавливался на тракторах МТЗ-80 в САР глубины хода навесных машин. Использование предлагаемого регулятора в качестве гидрораспределителя машин для обработки почвы в рядах садов является по сути его возвращением в процесс техногенеза. Таким образом, осуществляется рециклинг вышедшего из эксплуатации, но пригодного для повторного использования функционального блока.

Результаты и обсуждения. Принципиальная схема регулятора Р-50 реализована в конструкции предлагаемого гидрораспределителя. Гидросистема является следящей за счёт обратной связи, передающей движение штока гидроцилиндра корпусу гидрораспределителя и, тем самым перемещающей корпус относительно золотника. Обратная связь обеспечивает исполнительное перемещение штока, точно согласованное с перемещением золотника, благодаря тому, что перемещение корпуса восстанавливает исходное положение всех элементов следящей системы. В регуляторе Р-50 обратная связь воздействует на подвижную гильзу в корпусе гидрораспределителя. Внутри гильзы перемещается золотник. Перемещение гильзы и золотника осуществляется винтовыми механизмами, гайки которых жёстко соединены с гильзой и золотником. Винты вращаются рычагами, которые соединены с их валами. Благодаря иному функциональному назначению гидрораспраспределителя, значительно упрощено конструктивное исполнение гильзы и золотника за счёт применения винтовых механизмов. В регуляторе Р-50 перемещение золотника к периферии продольного отверстия корпуса происходит под действием пружины, расположенной внутри золотника и упирающейся в торцы гильзы и золотника. Пружина также исключает осевое

перемещение винта гильзы. В предлагаемом распределителе можно отказаться от пружины, если жёстко закрепить гайку винтового механизма с золотником. Вал винта золотника должен фиксироваться в этом случае от осевого перемещения. Чтобы потери давления в системе при температуре масла свыше 40°С не превышали 0,20-0,25 МПа, проходные сечения щелей и каналов гидрораспределителя должны быть не менее 120 мм^2 для подачи масла 60 л/мин. Предлагаемый гидрораспределитель можно устанавливать на машины для обработки почвы не только в садах, но также в виноградниках и других культур с интервалом посадки растений в ряду 2м и менее. В этом случае следящая система отключается и предлагаемый гидрораспределитель используется как оснащённый двухпозиционным золотником с силовым (за счёт контакта со штамбом) переключением положений золотника. При этом отпадает необходимость наличия обратной связи и гильза устанавливается в фиксированном положении; гидросистема упрощается. Таким образом, предлагаемый гидрораспределитель может использоваться как в следящих системах, так в силовых с управлением без обратной связи.

Предлагаемый гидрораспределитель имеет золотник диаметром 30 мм, выполненный по схеме с отрицательным перекрытием. Ширина щелей с каждой стороны пояска 1 мм. Диаметр проходного сечения для перепуска масла на слив 188 мм^2. Шаг винта перемещения золотника и гильзы 50 мм. Для перемещения золотника на 1 мм винт требуется повернуть на угол 7,2°, который служит мерой чувствительности следящей системы. Полное перемещение золотника – 6,25 мм, максимальный угол поворота винта 45° (рисунок 1).



а) *б)*

Рисунок 1 – Гидрораспределитель МВ:
а) внешний вид; б) устройство
1 – корпус; 2 – гильза; 3 – золотник; 4, 5 – винтовые механизмы; 6 – хвостовик золотника;
7, 9 – проточки в корпусе и гильзе; 8, 12 – отверстия в гильзе и золотнике;
10 – поясок золотника; 11 – гидроцилиндр; 13 – сливное отверстие;
14 – дренажное отверстие; 15 – щуп; 16 – рычаг гидрораспределителя

Недостатком гидрораспределителей с отрицательным перекрытием является потеря расхода и дросселирование потока рабочей жидкости около нейтральной позиции золотника. Поэтому механизм перемещения рабочего органа должен исключить нахождение золотника в этой позиции. Механизм перемещения рабочего органа должен принудительно осуществлять отвод от штамба, а вводить в ряд – в результате взаимодействия с почвой при движении агрегата. Установлено, что трапецеидальный механизм оставляет наименьшую необработанную площадь почвы. Другие механизмы оставля-

ют необработанную площадь в 1,37-1,46 раза больше, чем трапецеидальный [1-6]. Трапецеидальный механизм создан на основе синтеза четырехзвенных механизмов: параллелограммного, механизма подъёмного крана и механизма культиватора Н-7 фирмы «Holder» (Германия). При этом нейтральное положение золотника возможно в отдельные моменты отвода, после окончания отвода, но ещё до включения гидросистемы в позицию «ввод», а также после ввода рабочего органа в ряд деревьев. В процессе работы механизм перемещения рабочего органа находится под воздействием переменных нагрузок, поэтому исключено длительное нахождение золотника в положении около нейтрального и, следовательно, исключено дросселирование масла. Гидрораспределитель МВ, разработанный во ВНИПТИМЭСХ (в настоящее время – СКНИИМЭСХ АНЦ «Донской») совместно с ГСКБ «Гидравлика» при заводе «Мосгидропривод» (г. Москва), имеет отрицательное перекрытие и выполнен как дифференциальный элемент с двумя степенями свободы. Гидрораспределитель МВ (рисунок 1) имеет подвижную гильзу в корпусе. Внутри гильзы поступательно перемещается золотник. Перемещение гильзы и золотника осуществляется винтовыми механизмами, гайки которых жёстко соединены с гильзой и золотником. В процессе функционирования рабочий орган садовой почвообрабатывающей машины движется между деревьями в ряду, золотник гидрораспределителя находится в нейтральном положении, масло от насоса гидросистемы трактора поступает в гидрораспределитель и затем на слив. При соприкосновении со штамбом щуп поворачивается и перемещает золотник влево. Масло от насоса поступает в штоковую полость гидроцилиндра, а из поршневой полости направляется в бак гидросистемы трактора. Рабочий орган начинает выводиться из ряда деревьев и перемещается поперёк направления движения агрегата. Гильза перемещается механизмом обратной связи вслед за золотником. При остановке щупа и золотника гильза будет перемещаться до тех пор, пока ее проточки 9 (рисунок 1) не займут относительно поясков 10 золотника положение, соответствующее нейтральному. Таким образом, осуществляется слежение, т.е. каждому положению щупа соответствует определенное положение рабочего органа. Если при фиксированном положении щупа попытаться переместить рабочий орган в какую-нибудь сторону, то вместе с ним будет перемещаться гильза гидрораспределителя и под давлением масла рабочий орган возвратится в рабочее положение. Поэтому устройство называется следящим с обратной связью [7, 8, 9]. Обратная связь удерживает рабочий орган в положении, заданном щупом, и не позволяет ему выйти из него под действием внешних сил. Рабочий орган возвращается в ряд деревьев под совместным действием сил сопротивления почвы и усилия гидроцилиндра, поэтому давление в поршневой полости практически совпадает с давлением в сливной гидролинии. Заполнение поршневой полости маслом обеспечивает жёсткость гидросистемы.

Проведены исследования фрезы ФА-0,76 с гидрораспределителем МВ, на оси золотника которого крепится щуп; при этом параллелограммный механизм перемещения рабочего органа заменен на трапецеидальный (рисунок 2). Во время движения фреза находится в рабочем положении. После соприкосновения со штамбом дерева щуп поворачивается, после чего начинает расти давление в штоковой полости гидроцилиндра. В поршневой полости давление изменяется незначительно и соответствует давлению слива. Затем

после поворота щупа на угол 65º, начинается падение давление в штоковой полости. В исходное положение фреза возвращается под действием сил сопротивления почвы и гидросистема устройства с приводным рабочим органом разгружается.

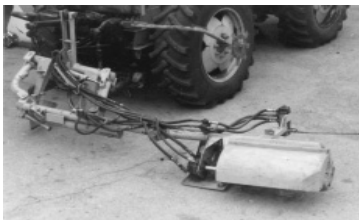


Рисунок 2 – Установка гидрораспределителя МВ на фрезу ФА-0,76

Вывод: Основная часть энергии, затрачиваемой на осуществление технологического процесса [10] с предлагаемым гидрораспределителем, расходуется на отвод рабочего органа из ряда деревьев. Возврат осуществляется под действием сил сопротивления почвы. При этом энергозатраты [11] уменьшаются до 49% по сравнению с применяемыми машинами (типа КСГ-5, ФА-0,76 [12]) в равных условиях их функционирования [13].

Литература

1. Пархоменко, Г.Г. Совершенствование технологического процесса обработки почвы в рядах многолетних насаждений / Пархоменко Галина Геннадьевна // Дисс….канд. техн. наук: 05.20.01 – Зерноград, 2000. – 156 с.

2. Пархоменко Г.Г. Результаты модернизации гидравлических следящих устройств для обработки почвы в рядах многолетних насаждений // Селскостопанска техника. – 2014. – №1.– С. 3-7.

3. Пархоменко Г.Г. Обработка почвы в рядах садов и виноградников. Процессы, устройства. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. (ISBN 978-3-659-30811-6), 2012. – 148 с.

4. Пархоменко, С.Г. Моделирование следящих систем почвообрабатывающих агрегатов. / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – №1. – С. 22-31.

5. Пархоменко, Г.Г. Повышение эксплуатационной надёжности САР почвообрабатывающих машин / Г.Г. Пархоменко, С.Г. Пархоменко // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 122. – С. 87-91.

6. Пархоменко, Г.Г. Теоретическое исследование механизмов перемещения рабочих органов для обработки почвы / Г.Г. Пархоменко, С.Г. Пархоменко // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сб. науч. докладов Междунар. научно-технич. конф. ФГБНУ ВИМ. – Москва, 2015. – С. 210-214.

7. Пархоменко, Г.С. Методика параметрической оптимизации в программном комплексе «МВТУ» комбинированной следяще-силовой САР пахотного агрегата с трактором класса 1,4 / Г.С. Пархоменко, С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Совершенствование технических средств в расте-ниеводстве. Межвуз. сб. науч. трудов – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. – С. 3-12.

8. Пархоменко, С.Г. Параметрическая оптимизация комбинированной следяще-силовой системы автоматического регулирования пахотного агрегата / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: сб. науч. докладов Междунар. научно-практ. конф. – Тамбов, 2015. – С. 18-22.

9. Пархоменко, Г.Г. Исследование ротационного рабочего органа для обработки

почвы в рядах многолетних насаждений / Г.Г. Пархоменко // Селскостопанска техника – 2014. – № 3-4. – С. 17-26.

10. Пархоменко, Г.Г. Оптимизация показателей технологических процессов сельскохозяйственного производства в растениеводстве / Г.Г. Пархоменко, С.Г. Пархоменко // Хранение и переработка зерна. – 2017. – №1(209). – С. 55-60.

11. Пархоменко, С.Г. Повышение энергоэффективности мобильных почвообрабатывающих агрегатов / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – №3 (18). – С. 40-47.

12. Костадинов Г.Д. Систематизация устройств для обработки почвы в садах / Г.Д. Костадинов, Г.Г. Пархоменко, С.А. Твердохлебов, А.В. Пономарёв // Растениевъдни науки. – 2016. – №53 (1-3). – С. 88-97.

13. Пархоменко, С.Г. Метод структурного моделирования систем автоматического регулирования эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 126. – С. 55-61.

Literature

1. Parkhomenko, G.G. Perfection of the technological process of soil cultivation in the rows of perennial plantations / Parkhomenko Galina Gennadievna // Diss ... .kand. tech. Sciences: 05.20.01 - Zernograd, 2000. - 156 p.

2. Parkhomenko G.G. Results of modernization of hydraulic tracking devices for soil cultivation in rows of perennial plantations // Selskostopanska Technika. - 2014. - No. 1.- P. 3-7.

3. Parkhomenko G.G. Soil cultivation in rows of gardens and vineyards. Processes, devices. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. (ISBN 978-3-659-30811-6), 2012. - 148 pp.

4. Parkhomenko, S.G. Modeling of tracking systems of soil cultivating units. / C.Г. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Tractors and agricultural machinery. - 2017. - №1. - P. 22-31.

5. Parkhomenko, G.G. Increasing the operational reliability of the SAR of tillage machines / G.G. Parkhomenko, S.G. Parkhomenko // Proceedings of GOSNITI. - 2016. - T. 122. - C. 87-91.

6. Parkhomenko, G.G. Theoretical study of mechanisms of displacement of working organs for soil cultivation / G.G. Parkhomenko, S.G. Parkhomenko // Intellectual machine technologies and technology for the implementation of the State Program for the Development of Agriculture: Sat. sci. reports of the Intern. scientific and technical. Conf. FGBIU VIM. - Moscow, 2015. - P. 210-214.

7. Parkhomenko, G.S. Methodology of parametric optimization in the software complex «MVTU» combined tracking and power SAR arable unit with a tractor class 1.4 / GS. Parkhomenko, S.G. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Perfection of technical means in plant growing. Interuniversity. Sat. sci. of works - Zernograd: FGOU VPO ACHAA, 2010. - P. 3-12.

8. Parkhomenko, S.G. Parametric optimization of the combined tracking-power system of automatic regulation of arable aggregate / S.G. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Increase of efficiency of resource use in the production of agricultural products - new technologies and technology of a new generation for crop production and animal husbandry: coll. sci. reports of the Intern. scientific and practical work. Conf. - Tambov, 2015. - P. 18-22.

9. Parkhomenko, G.G. Study of the rotational working body for soil cultivation in the rows of perennial plantations / G.G. Parkhomenko // Selskostopanska technique - 2014. - № 3-4. - C. 17-26.

10. Parkhomenko, G.G. Optimization of indicators of technological processes of agricultural production in plant growing / G.G. Parkhomenko, S.G. Parkhomenko //

Storage and processing of grain. - 2017. - No. 1 (209). - P. 55-60.

11. Parkhomenko, S.G. Increase of energy efficiency of mobile tillage units / S.G. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Innovations in agriculture. - 2016. - No. 3 (18). - P. 40-47.

12. Kostadinov G.D. Systematization of devices for tillage in orchards / G.D. Kostadinov, G.G. Parkhomenko, S.A. Tverdokhlebov, A.V. Ponomarev // Plant of the day of science. - 2016. - No. 53 (1-3). - P. 88-97.

13. Parkhomenko, S.G. The method of structural modeling of systems of automatic regulation of operating regimes of soil-cultivating units / S.G. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Proceedings of GOSNITI. - 2017. - T. 126. - C. 55-61.