

УДК 621.914.2:631.312.3

ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДОВ К СОЗДАНИЮ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ САМОХОДНОЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ ФРЕЗЫ

Безруков А.В., Наумкин Н.И., Купряшкин В.Ф., Князьков А.С., Шляпников М.Г.

*ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск,
e-mail: bezrukow157@yandex.ru*

Данная статья посвящена обоснованию научных подходов к созданию самоходных малогабаритных почвообрабатывающих фрез (СМПФ). В ходе исследования авторами на основе использования морфологического анализа и общенаучного метода классификаций была разработана общая классификация таких фрез, включающая 8 классификационных признаков и факторов, вызывающих возникновение динамических нагрузок в них. С использованием этих классификаций был выполнен анализ основных принципов и методов создания конструкций почвообрабатывающих фрез, среди которых нами было выделено условие обеспечения эффективного функционирования машины при минимальных удельных затратах энергии, высокой производительности, улучшении показателей качества выполняемой работы, условий труда оператора, автоматизации рабочего процесса машин, снижении техногенной нагрузки на природную среду. Была предложена рабочая концепция разработки создания СМПФ: самоходные малогабаритные почвообрабатывающие фрезы должны обеспечивать требуемое качество обработки почвы, при минимальной энергоёмкости процесса фрезерования и максимальной производительности, эргономичности, удобства эксплуатации, оптимальной себестоимости, на основе реализации в них возможности подстраиваться под изменяющиеся внешние условия. С учетом сформулированной концепции нами была предложена и реализована конструкция СМПФ с адаптивным регулированием режима, защищенная патентом на изобретение.

Ключевые слова: обработка почвы, адаптация режимов работы, самоходная малогабаритная почвообрабатывающая фреза, эффективность

JUSTIFICATION OF APPROACHES TO CREATION SOIL-CULTIVATING MACHINES ON THE EXAMPLE OF DESIGNING AN ADAPTIVE SELF-PROPELLED SMALL-SIZED CUTTER

Bezrukov A.V., Naumkin N.I., Kupryashkin V.F., Knyazkov A.S., Shlyapnikov M.G.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Ogarev Mordovia State University», Saransk, e-mail: bezrukow157@yandex.ru

This article is devoted to the substantiation of scientific approaches to the creation of self-propelled small-sized tillage cutters (SMPF). In the course of the study, the authors based on the use of morphological analysis and General scientific method of classifications developed a General classification of such cutters, including 8 classification features and factors that cause the occurrence of dynamic loads in them. Using this classification was the analysis of the main principles and methods of creation of structures soil-cultivating mills, among which we distinguished the requirement for the efficient functioning of the machine with a minimum specific energy, improved performance, improved quality of work performed, working conditions of the operator, workflow automation machines, the decrease in technogenic load on the natural environment. The working concept of development of creation of SMPF was offered: self-propelled small-sized tillage cutters should provide required quality of tillage, at the minimum power consumption of process of milling and the maximum productivity, ergonomics, convenience of operation, optimum Prime cost, on the basis of their adaptability to external conditions. Taking into account this concept, the design of the SMPF with adaptive control of the cutting mode and maintenance of the technological process of soil treatment, protected by a patent for the invention, was proposed and implemented.

Keywords: soil treatment, adaptation of operating modes, self-propelled small-sized tillage cutter, efficiency

Продовольственная безопасность страны определяется в том числе необходимостью производства требуемого объема сельскохозяйственной продукции. Не в последнюю очередь это обстоятельство обусловлено качеством обработки почвы. Одной из таких операций является фрезерование, которое выполняется самоходными малогабаритными почвообрабатывающими фрезами (СМПФ). СМПФ широко применяются для обработки почвы в фермерских, личных подсобных, тепличных хозяйствах, а также в условиях ограни-

ченных участков местности. Их назначение [1–4] – это создание мелкокомковатого строения почвенного слоя, уничтожение сорняков и равномерное перемешивание удобрений. Фрезерование обеспечивает качественное крошение и перемешивание генетических горизонтов, достаточную водопроницаемость почвы, увеличивает ее питательную активность, интенсивность «дыхания», создание глубинных запасов влаги. Таким образом, фрезы являются теми машинами для выполнения ряда обязательных технологических операций,

которые нельзя заменить другими устройствами с сохранением высокого качества обработки почвы.

Цель исследования: обоснование научных подходов к проектированию и разработке высокоэффективных самоходных малогабаритных почвообрабатывающих фрез.

Материалы и методы исследования

Для анализа конструкции СМПФ и последующего синтеза нового технического решения нами была разработана, на основе использования морфологического анализа их классификация [5–7] (таблица). В ней мы выбрали следующие классификационные признаки: 1) назначение; 2) тип привода фрезы; 3) расположение оси фрезбарабана; 4) направления вращения фрезбарабана; 5) способ агрегатирования с источником энергии; 6) вид рабочих органов фрезбарабана; 7) расположение рабочих органов на фрезбарабане; 8) возможность регулирования режимов работы; 9) возможность адаптации работы к внешним условиям.

При анализе конструкций фрез необходимо учитывать то обстоятельство, что все они работают в постоянно изменяющихся условиях, обусловленных многочисленными факторами, основными из которых являются: состояние обрабатываемой среды, режим нагружения и др. Значительное влияние на работу ПМ оказывают также твердые включения в почве и растительные остатки. Вышеприведенные факторы негативно влияют на стабильность работы почвообрабатывающих машин, что в свою очередь сказывается на качестве обработки почвы и появления различных нагрузок в конструкции фрезы. В связи с вышеука-

занным еще на стадии проектирования необходимо решать проблемы снижения и учета влияния возникающих при этом динамических нагрузок.

Для этого мы выявили и проанализировали факторы, которые вызывают их возникновение. На рис. 1 мы представили классификацию факторов, характеризующих возникновение динамических нагрузок.

Результаты исследования и их обсуждение

Все вышеперечисленное диктует необходимость стабилизации технологической операции фрезерования почвы. Для этого необходимо оптимизирование режимов работы почвообрабатывающей машины. Одним из ярких примеров такой работы является исследование В.Ф. Купряшкина [3, 8], в результате которого была предложена конструкция новой фрезы. На рис. 2 изображена ее кинематическая схема. Данное устройство обеспечивает бесступенчатое регулирование поступательной скорости при помощи клиноременного вариатора, установленного в приводе ходовых колес. Величина редукции вариатора регулируется вращением маховика, расположенного на резьбовом участке основного вала. Основное ее достоинство заключается в том, что она обеспечивает необходимый режим работы в рабочем диапазоне варьирования передаточных чисел.

Общая классификация почвообрабатывающих фрез

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ И РАЗНОВИДНОСТИ ФРЕЗ						
1. По назначению						
предпосевное фрезерование	совмещение послонного рыхления и предпосевого фрезерования		фрезерная обработка задернелых почв кормовых угодий	формирование гряд под посадку	междурядная обработка гребневых посадок	
2. По типу привода фрезерного барабана						
с цепным	с клиноременным	с шестеренчатым	с червячным	с гидро- и электроприводом	другие	
3. Расположение оси фрезбарабана относительно направления поступательного движения						
горизонтально		вертикально			под углом	
4. Направление вращения фрезбарабана						
«сверху вниз»		комбинированные			«снизу вверх»	
5. Способ агрегатирования с источником механической энергии						
прицепные		навесные			самоходные	
6. Вид рабочих органов фрезбарабана						
Г-образные	прямые и изогнутые	Т-образный	полевой крючок	S-образный	луцильный	другие
7. Расположение рабочих органов на фрезбарабане						
с симметричным		с винтовым (по спирали)		с комбинированным	с другими	
8. Возможность регулирования режимов работы						
регулируемые		частично регулируемые			нерегулируемые	
9. Возможность адаптации работы к внешним условиям						
адаптируемые		частично адаптируемые			неадаптируемые	



Рис. 1. Классификация факторов

Известны также и другие исследования, выполненные для решения этой проблемы [2–4], однако все они носят частный характер. В связи с этим видится необходимым формирование единой концепции разработки и создания таких машин на основе индуктивно-дедуктивного подхода к проектированию новых машин. Начать выработку такой концепции можно с изучения известных подходов и принципов конструирования и проектирования, которые постоянно изменяются и совершенствуются вследствие введения современных способов изготовления, модернизации их конструкции и условий сбыта, более полного учета технических и экономических вопросов.

Все это предполагает организационно-техническое разделение процесса создания машин и разработку новых методов их проектирования. Вот некоторые наиболее общие из них [9]: 1) появление решения вследствие постепенного приближения к ним; 2) разработка осуществляется от общего к частному; 3) при проектировании необходимо избегать шаблонных форм; 4) оптимальное решение получается при разработке большого количества вариантов и их тщательного анализа; 5) при поиске решения обеспечиваем эффективное функционирование машины; 6) конструктивные параметры деталей и узлов машины обуславливаются физико-техническими факторами и требуют технических расчетов; 7) изделия конструируют исходя из возможности и трудоемкости изготовления.

Анализируя имеющиеся данные, обычно выбирают несколько вариантов конструк-

тивного решения, которые определяют простоту конструкции, удобство обслуживания и ремонта. При модернизации машины исследуют влияние полученных решений на все механизмы, узлы и процессы.

Согласно приведенным положениям, техническое решение представленной фрезы с бесступенчатым регулированием скорости (рис. 2) не устраняет такой существенный недостаток, как остановка машины и вмешательство оператора. Для решения этой задачи нами предложена СМПФ с адаптивным регулированием режима работы, которая обеспечивает требуемый технологический процесс обработки почвы. Она реализуется в виде машины, оснащенной следящим приводом (рис. 3). Для этого в устройство дополнительно включен второй двигатель для независимого вращения ходовых колес и блок управления ими со следящим устройством. Такое устройство позволяет отслеживать плотность почвы и в соответствии с ней автоматически изменять поступательную скорость фрезы без участия оператора.

На основании вышеизложенного в первом приближении концепцию создания СМПФ можно сформулировать следующим образом: *создаваемые СМПФ должны обеспечивать требуемое качество обработки почвы, при минимальной энергоёмкости процесса фрезерования и максимальной производительности, эргономичности, удобства эксплуатации, оптимальной себестоимости, на основе их адаптируемости к внешним условиям и отсутствием избыточных связей.*

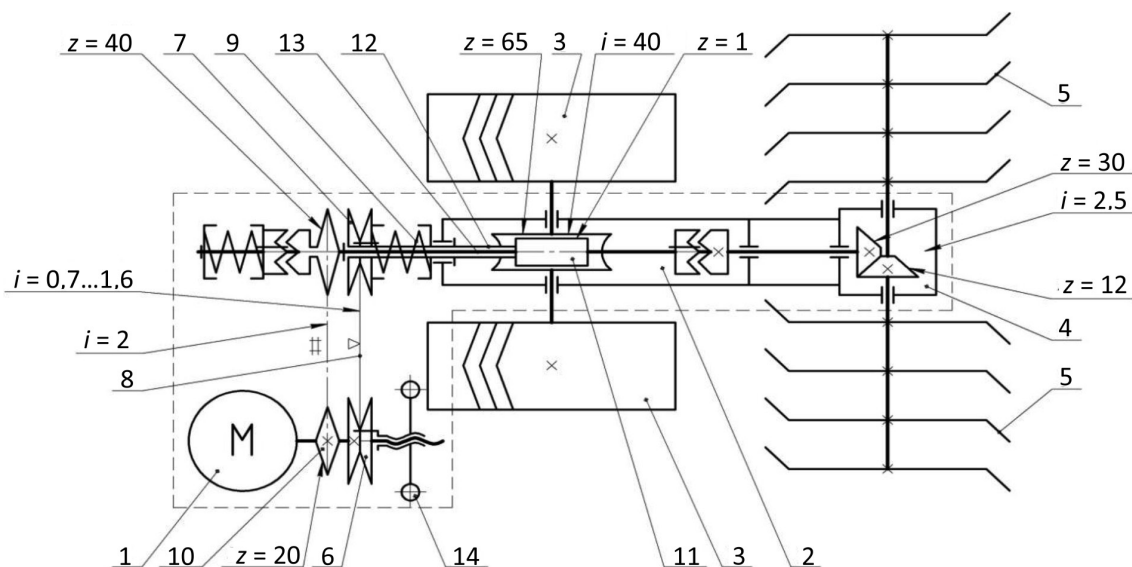


Рис. 2. Кинематическая схема опытного образца СМПФ ФС-0,85: 1 – электрический двигатель; 2 – редуктор привода ходовой части; 3 – ходовые колеса; 4 – привод рабочих органов; 5 – фрезерные рабочие органы; 6 и 7 – ведущий и ведомый шкивы вариатора; 8 – клиновой ремень; 9 – пружина ведомого шкива; 10 – звездочка; 11 – червяк; 12 – полый вал; 13 – центральный вал; 14 – маховик управления клиноременным вариатором

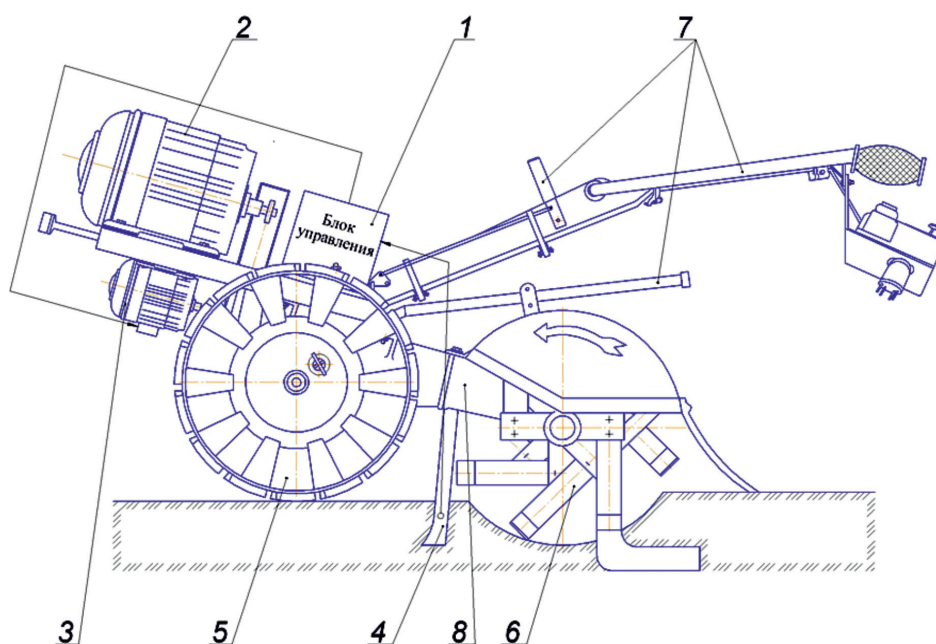


Рис. 3. Схема адаптивной фрезы: 1 – блок управления с обратной связью; 2 – электродвигатель привода рабочих органов; 3 – электродвигатель привода ходовых колес; 4 – сканер твердости почвы; 5 – ходовые колеса; 6 – рабочие органы; 7 – органы управления; 8 – редуктор

На наш взгляд, такой концепции подчиняется разработанная и изготовленная нами СМПФА, на которую был получен патент на изобретение «Почвообрабатывающая электрофреза» РФ № 2340134 [10] (рис. 3). Эта фреза состоит из редуктора 8 привода ходовых колес 5 и рабочих органов 6.

На него установлены два электрических двигателя 2 и 3, двигатель 2 – привода рабочих органов 6, двигатель 3 – привода ходовых колес, блок управления 1 с обратной связью. Он посредством канала связи соединен со сканером плотности почвы (СТП), представляющим упругий черен-

ковый нож 4 и определяющий изменение плотности обрабатываемой почвы и передающий сигнал на блок управления, с органами управления 7. Предложенная фреза работает следующим образом. Машина располагается у края требуемого участка обработки. Оба двигателя 2 и 3 запитываются одновременно от подводящего кабеля, но к электродвигателю 3 оно подается через блок управления 1 частотой вращения вала. Двигатели включаются последовательно, вначале двигатель 2 привода рабочих органов 6, затем – двигатель 3 привода ходовых колес 5. Во время начала работы фрезы осуществляется погружение в почву на требуемую глубину СТП 4 и ее рабочих органов 2. Как было отмечено выше, сканер 4 измеряет твердость почвы и передает сигнал на блок управления. Если встречается уплотненный участок почвы, то происходит изгиб СТП 4 от исходного положения и изменяется частота вращения вала двигателя 3 привода ходовых колес 5, движение замедляется. Снижается поступательная скорость фрезы, уменьшая подачу на рабочие органы 6 и сохраняя требуемое качество обработки почвы. И наоборот – при движении на участке с более низкой плотностью почвы скорость машины увеличивается, обеспечивая рост производительности с сохранением агротехнических требований.

Выводы

Таким образом, в ходе исследования авторами на основе использования морфологического анализа и общенаучного метода классификаций была разработана общая классификация СМПФ и факторов, вызывающих возникновение динамических нагрузок. Были предложены подходы к созданию эффективных СМПФ, позволившие сформулировать рабочую концепцию их проектирования на основе реализации в них адаптируемости к внешним условиям. Из анализа известных и перспективных способов обеспечения такой адаптируемости почвообрабатывающих машин нами было предложено использование возможности регулирования их поступательной скорости на примере электрической фрезы. Конструктивно эта возможность реализуется

при помощи использования в ней блока управления частотой вращения двигателями, в соответствии с величиной поступающего сигнала от сканера твердости почвы. Такое решение дает возможность автоматического охвата всего требуемого диапазона режимов работы фрезы, и тем самым обеспечения требуемого качества обработки почвы и высокой производительности при минимальных энергозатратах.

Список литературы

1. Ишкин П.А., Савельев Ю.А., Петров А.М., Петров М.А. Орудие для ранневесенней обработки почвы // Сельский механизатор. 2014. № 10. С. 6–7.
2. Драняев С.Б., Чаткин М.Н., Овчинников В.А. Оптимизация работы садовой фрезы путем снижения энергоемкости обработки тяжелых почв // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Межвузовский сборник научных трудов. Саранск, 2017. С. 154–158.
3. Драняев С.Б., Чаткин М.Н., Овчинников В.А., Корявин С.М. Снижение энергоемкости фрезерования почвы путем применения ножей с рациональным профилем рабочей поверхности // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора С.А. Лапшина (Саранск, 20–21 апреля 2017 г.). Саранск: Издательство Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева, 2017. С. 412–416.
4. Мударисов С.Г., Ямалетдинов М.М., Фархутдинов И.М. Оценка технологического процесса взаимодействия дискового рабочего органа с почвой // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 2. С. 84–87.
5. Безруков А.В., Наумкин Н.И., Купряшкин В.Ф. Автоматизация режимов работы самоходной фрезы // Сельский механизатор. 2019. № 2. С. 6–7.
6. Саакян Д.Н. Контроль качества механизированных работ в полеводстве. М.: Колос, 1973. 264 с.
7. Чаткин М.Н., Федоров С.Е. Применение дифференцированной системы обработки почвы // Доклады ТСХА: материалы международной научной конференции, посвященной 130-летию Н.И. Вавилова (Москва, 05–07 декабря 2017 г.). М.: Издательство Российского государственного аграрного университета МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. С. 156–158.
8. Безруков А.В., Купряшкин В.Ф., Наумкин Н.И., Чаткин М.Н. Почвообрабатывающая фреза // Патент РФ № 2353080. Патентообладатель ГОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева». 2009. Бюл. № 12.
9. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высш. шк., 1998. 447 с.
10. Безруков А.В., Купряшкин В.Ф., Наумкин Н.И. Почвообрабатывающая электрофреза // Патент РФ № 2340134. Патентообладатель ГОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева». 2007. Бюл. № 34.