

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-321846>

Оригинальное исследование



Совершенствование рабочей схемы многофункционального почвообрабатывающего посевного агрегата

А.Ф. Бельц, К.Е. Гузенко

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Со временем развития технологий применение комбинированных машин и агрегатов стало всё более востребованным. Из многочисленных исследований, которые проводились на протяжении эксплуатации машин данного типа, можно заметить, что затраты сырья и финансов значительно сократились.

Цель работы — совершенствование рабочих схем многофункционального почвообрабатывающего посевного агрегата для более оптимального комбинирования конструктивных схем и параметров его пользования.

Методы. Исследователи конструируют машины за счет смены рабочих органов, спроектированных в виде схем в модули, выполняющих различного вида операции опираясь на условия работы. Благодаря такому способу, формируются наборы отдельных рабочих органов и комбинаций для любого вида условий (почвы, климата и др.)

Помимо достоинств данная система имеет ряд недостатков. Одним из таковых является то, что на заводах-изготовителях модули, которые входят в состав начальной базы самого агрегата не могут сразу адаптироваться к внешним параметрам среды и экономическим условиям производства. Сложно выбрать необходимые параметры, которые будут нести минимальные потери и смогут подстроить агрегат под нужный режим работы.

В качестве объекта исследования установили устройства и производственные процессы, основная задача которых — это выполнение почвообрабатывающих и посевных работ.

Практическая ценность данного исследования — создание алгоритма, который способен на структурирование анализа и синтеза конструктивной системы почвообрабатывающе-посевного агрегата для нахождения рабочих звеньев для разного вида функций агрегата [1].

Результаты. При изучении исследований Вилде, который охарактеризовал комбинированные агрегаты, а также работ Рунчева, который определил генерализацию комбинированных машин, была разработана актуальная типология сельскохозяйственных машин [2]. В данной типологии одной из самых важных характеристик является многофункциональность, которая сложилась из нужды в универсальности агрегатов и составлении комбинаций из нескольких агрегатов.

Заключение. В результате исследования определили, при какой скорости агрегата система является сбалансированной.

Ключевые слова: посевные агрегаты; рабочие схемы; сельскохозяйственные машины; колебательные процессы.

Как цитировать:

Бельц А.Ф., Гузенко К.Е. Совершенствование рабочей схемы многофункционального почвообрабатывающего посевного агрегата // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 4. С. 421–429. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-321846>

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-321846>

Original Study Article

Improvement of the functional layouts of multifunctional soil-cultivating sowing units

Alexey F. Belts, Kirill E. Guzenko

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: With the technology evolution, the use of combined machines and units has become more in demand. From the numerous studies that were carried out during the operation of machines of this type, it can be seen that the cost of raw materials and financial costs have been significantly reduced, and the number of other advantages has been identified as well.

AIM: Improvement of the functional layouts of multifunctional tillage sowing units for a more optimal combination of structural layouts and parameters of its use.

METHODS: Engineers use the method of changing working bodies designed as layouts aiming to turn the machines into the modules capable of performing various types of operations based on working conditions. Thanks to this method, sets of individual working bodies and combinations are prepared for any kind of conditions (soil, climate, etc.).

In addition to the advantages, this system has a number of disadvantages. One of these is that at the factory-built modules that are part of the original basis of the unit cannot be fully adapted to environmental conditions and economic factors of production. In this regard, combination of structural layouts and selection of the necessary parameters become problem causing. It is difficult to choose necessary parameters that are capable of ensuring minimal losses and adjusting the unit to the necessary operating mode.

The objects of study are the devices and production processes, the main task of which is performing tillage and sowing operations. The practical value of this study presented in the form of:

- building the algorithm capable of structuring the analysis and synthesis of the structural layout of the tillage-sowing unit to find the working links for various types of unit functions;
- finding the methods and improved combinations of working bodies, comparison of similar mechanical analogues with the original properties of systems.

RESULTS: When studying the studies of Wilde, who gave a description of the combined units, as well as the studies of Runchev, who determined the generalization of the combined machines, the relevant typology of agricultural machinery was developed. In this typology, one of the most important characteristics is multifunctionality, which has developed from the need for the versatility of units and the compilation of combinations of several units. The developed technology contains a number of characteristics that are fundamental for the choice of agricultural machinery.

CONCLUSION: As a result of the study, it was determined at which velocity of the unit the system is balanced.

Keywords: seeding units; functional layouts; agricultural machinery; oscillatory processes.

To cite this article:

Belts AF, Guzenko KE. Improvement of the functional layouts of multifunctional soil-cultivating sowing units. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2024;91(4):421–429. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-321846>

Received: 03.04.2023

Accepted: 29.07.2024

Published online: 31.08.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Повышение урожайности культур за счет улучшения равномерности высева является актуальной сельскохозяйственной проблемой во все времена.

В настоящее время проектирование комбинированных сельскохозяйственных машин и агрегатов стало достаточно востребованным среди учёных исследователей. Такая востребованность комбинированных систем обусловлена тем, что их применение значительно снижает затраты энергии, а также затраты на их ремонт и переоборудование [3]. Еще одним их преимуществом является уменьшение количества проходов с/х машины по полю. Это приводит к уменьшению уплотнения почвы и снижению изнашиваемости машин.

В сельскохозяйственной практике, зачастую, между работами (например, между культивацией и посевом) образуются затяжные временные разрывы [4]. В это время возможно прорастание сорняков и слеживание почвы. Вследствие чего дальнейший посев ведется по неподготовленной почве. Все указанные недостатки устраняются при использовании комбинированных агрегатов. Все операции по предкультивации, посеву и посткультивации проводятся за один цикл прохода машины по отведенной полосе [5].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель исследований заключается в совершенствовании рабочих схем многофункционального почвообрабатывающего посевного агрегата для более оптимального комбинирования конструктивных схем и параметров его пользования [6].

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

В плане теоретических исследований для определения путей и возможностей применения нахождения, реализующих систем нами были исследованы структурные схемы многофункционального агрегата, на основе много-массовой модели [7–12]. Рассмотрены структурные схемы как в целом для всего агрегата, так и частные случаи парных динамических характеристик рабочих органов. В частности, соединения плоскореза с рамой, а сошника со стойкой плоскореза.

Критерии соответствия

Анализ частотного уравнения предлагаемой структурной схемы обнаружил, что при использовании технологии параллельного соединения плоскореза и сошника происходит совпадение частот колебаний обеих этих подсистем. Это доказывает то, что в уравнении находятся обе составляющие, которые взаимодействуют между собой [13–16].

Совпадение частот приводит к резкому скачку амплитуды. Последнее приводит к неравномерному ходу рабочего органа по глубине. Решением данной проблемы является изменение режима хода процесса. Это приведет к спаду амплитуд колебаний, и ход рабочего органа выровняется. Кроме того, решением проблемы может быть увеличение упругости подвески плоскореза.

Условия проведения испытаний почвообрабатывающего посевного агрегата

Исследование проводилось на полях учебно-опытного хозяйства «Кубань» КубГАУ расположенного в черте города Краснодар. Почвы учхоза «Кубань» представляют собой выщелоченный малогумусный сверхмощный чернозём.

Методика эксперимента

При испытаниях применялся трактор К700 А и экспериментальный почвообрабатывающий посевной агрегат на различных скоростях (8, 10 и 12 км/ч) и глубинах (6, 8, 10, 12 см). В качестве датчиков угловых скоростей, использовались гироскопы ДУСУ 1-30А (рис. 1). Также использовался акселерометр фирмы «Brüll and Kyär». При проведении исследований использовались следующие приборы и оборудование:

- тензодатчики до 200 кг для исполнительных систем;
- тензометрическая аппаратура;
- акселерометры фирмы «Brüll and Kyär»;
- тарировочное оборудование;
- аппаратура для измерения твердости почв.

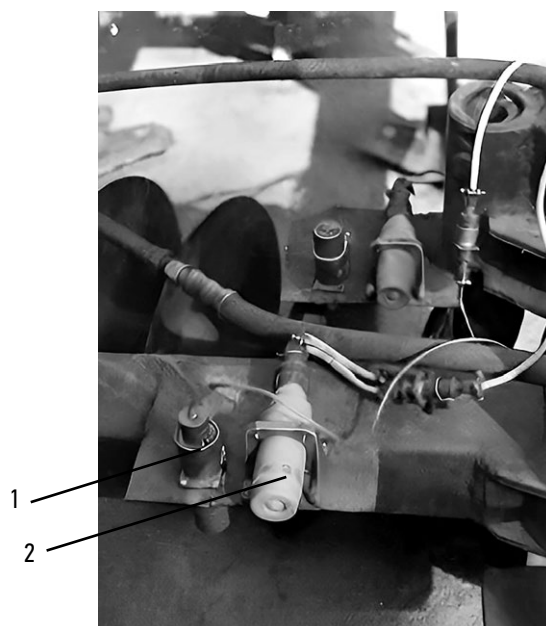


Рис. 1. Датчики угловых скоростей и линейных ускорений рабочих органов агрегата ППА-4: 1 — гироскоп ДУСУ 1-30А; 2 — акселерометр фирмы «Brüll and Kyär».

Fig. 1. Measurement of rotation velocities and linear accelerations of working bodies of the PPA-4 unit: 1 — the DUSU 1-30A gyroscope; 2 — the Brüll and Kyär accelerometer.

Повторность опыта трёхкратная.

Для записи угловых скоростей была предпринята следующая схема подключения аппаратуры: блок питания $|U_n = 6,3\text{ в}|$, датчик ДУСУ 1-30А [7] с чувствительностью $S = 0,1$ ватт на градус в секунду, магнитофон с коэффициентом усиления равным единице и самописец с чувствительностью 0,2 в/с.

Тарировка датчиков ДУСУ 1-30А осуществлялась на поворотной установке УПГ-56 с кронштейном и вставкой к нему $\frac{\Pi - 608}{240}$. Датчик устанавливался на платфор-

ме поворотной установки по уровню с точностью $\pm 20'$ и закреплялся. При тарировке определялись основные параметры датчика, перечисленные в его характеристике. Результаты проверки датчика были занесены в табл. 1 и связаны с паспортными данными.

Схема агрегата представлена на рис. 2.

Комбинированный агрегат для обработки почвы и посева состоит из рамы 1 (см. рис. 2) с навеской 2, колесами транспортными опорными 3 и сницей (на рис. 2. не показана). На раме закреплены рабочие органы — дисковые батареи 4. Сверху на раме имеются два бруса 5 и 6, с присоединенными к ним плоскорежущими лапами 7 вместе

Таблица 1. Матрица реализации алгоритма преобразования метрологической информации из кодового в цифровой формат (фрагмент)

Table 1. Matrix of operation of the algorithm of conversion the metrological data from the code format into the digital format (a section)

Канал 00 Датчик ДУСУ-30		Канал 01 Датчик МП-90		Канал 02 Датчик ДУСУ-30		Канал 03 Датчик ДУСУ-30	
код	град/с	Код	м/с ²	код	град/с	код	град/с
2051	4,33905	2321	9,954	1926	-0,1741	1971	-2,1009
2044	4,0482	2317	9,804	1937	0,207	1824	-7,124
2030	3,4665	2313	9,654	1916	-0,5206	1995	-1,2809
2016	2,8848	2302	9,243	1948	0,5882	1998	-1,1783
2033	3,5911	2294	8,9432	1951	0,6921	2060	0,9402
2050	4,2975	2292	8,8683	1879	-1,8027	2016	-0,5633
2041	3,9235	2308	9,4677	1974	1,4891	1998	-1,1783
2033	3,5912	2326	10,142	1895	-1,2485	2012	-0,7
1	2	3	4	5	6	7	8
2030	3,4665	2322	9,9921	1993	2,1474	2045	0,4276
2030	3,4665	2297	9,0557	1967	1,2465	1852	-6,1672

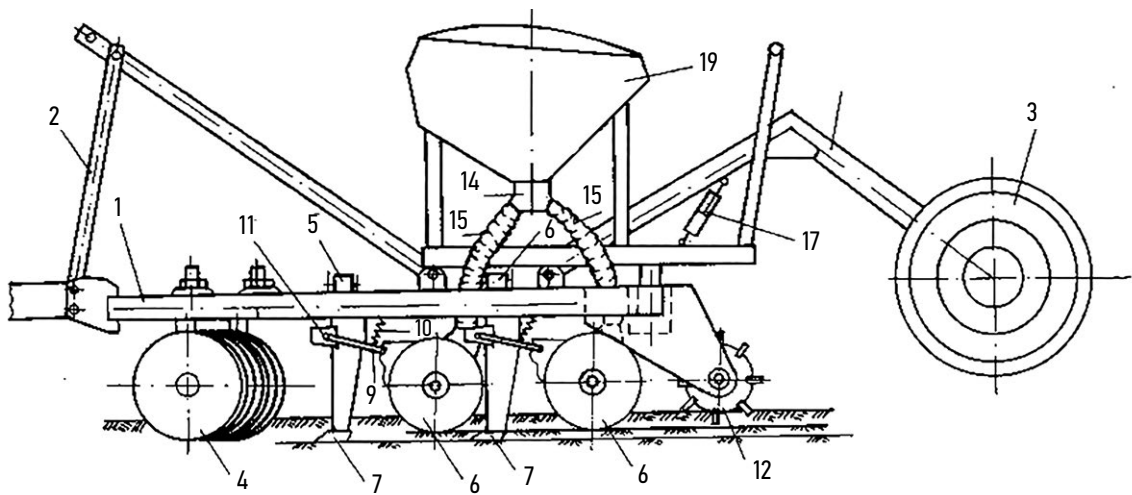


Рис. 2. Агрегат для обработки почвы и посева (схема соединения рабочих органов с рамой): 1 — рама; 2 — навеска; 3 — опорные колеса; 4 — дисковые батареи; 5 и 6 — брусья; 7 — плоскорежущие лапы; 8 — сошники; 9 — поводки; 10 — пружины; 11 — ось; 12 — барабан; 13 — ёмкость; 14 — высевной аппарат; 15 — тукосемяпроводы; 16 — рама; 17 — гидроцилиндр.

Fig. 2. The tillage-sowing unit (layout of working bodies coupling with the frame): 1 — frame; 2 — hitch; 3 — support wheels; 4 — disk batteries; 5 and 6 — bars; 7 — flat-cutting paws; 8 — coulters; 9 — leads; 10 — springs; 11 — axle; 12 — drum; 13 — container; 14 — seeding unit; 15 — fertilizer and seed lines; 16 — framework; 17 — hydraulic cylinder.

с сошниками 8, имеющиеся возможность перемещения по высоте для выбора требуемой глубины обработки почвы и посева зерновых культур. Лапы и сошники соединены между собой поводками 9 с пружинами 10. Кроме того, поводки установлены шарнирно на осях 11.

На заднем бруске рамы 1 установлен барабан 12 лопастного типа. Сверху на раме установлена емкость 13 для туков и семян. Емкость 13 снабжена высевающими аппаратами 14, которые тукосемяпроводами 15 соединены с сошниками 8. Привод аппаратов 14 осуществляется от лопастного барабана 12 через ряд цепных передач и звездочки. Колеса 3 с помощью рамки 16 шарнирно соединены с рамой 1. Рамка 16 с рамой 1 дополнительно связаны гидроцилиндром 17.

Продолжительность исследования

Данный агрегат использовался в исследованиях в 2022–2023 гг. в агросроки посевных кампаний.

Проведенные в рамках исследования процедуры

Для того, чтобы получить базу данных для частотных характеристик исследуемых рабочих органов, необходимо использовать датчики угловых скоростей и акселерометры. Данное оборудование питается непосредственно от бортовой сети трактора, которая приводится в действие при помощи генератора. Также использовалась аппаратура для оценки агротехнических показателей, тарифовочное оборудование, тензометрическая аппаратура в соответствии с ГОСТами на испытание [17–18].

Основной исход исследования

Полученные с помощью датчиков данные были обработаны на усовершенствованной нами с сотрудниками университета методике оценки показателей статистической динамики профессоров А.Б. Лурье и Н.М. Беспямятновой.

Для удобства анализа данные эксперимента можно представить в формате графиков, на которых хорошо видны скачки спектра исследуемых частот. При составлении графиков учитывались такие параметры, как скорость перемещения агрегата, глубина хода рабочих органов, а также количество используемой энергии.

Для определения целесообразности использования рабочих органов в системе полифункциональных машин провели множество исследований динамических характеристик, которые работают в паре. Это такие подсистемы, как «рама-дисковая батарея», «рама-плоскорез», «рама-тяговое сопротивление», «сошник-плоскорез».

Дополнительные исходы исследования

Из графиков корреляционных зависимостей и спектральных характеристик подсистемы «рама-дисковые батареи» был сделан вывод, что колебания рамы и колебания дисков не влияют друг на друга и не взаимодействуют между собой. Это происходит вследствие того, что контакт самих дисковых батарей с почвой пренебрежительно мал.

Указанное свойство можно отнести к минусам используемой конструкции.

Анализ в подгруппах

Дисковый рабочий орган достаточно устойчив и имеет небольшое запаздывание, которое при желании можно устранить. Следовательно, предоставляется передаточная функция. Характеристика передаточной функции представляется апериодическим звеном вида $W = K/(T+1)$ где W — передаточная функция, K — коэффициент усиления, T — постоянная времени. Для улучшения характеристик работы звена необходимо создать более тесный контакт рабочего органа с почвой при подпружинивании. Практически такие же графики автокорреляционных функций у подсистемы «рама-плоскорез», так как плоскорез последовательно закреплен на раме. Скорость прохождения агрегата влияет на низкочастотные колебания.

Методы регистрации исходов

Фиксировались колебания рамы и рабочих органов агрегата по высоте и отбрасывались неустойчивые переходные процессы. Колебания измерялись с помощью акселерометров.

Этическая экспертиза

Этическая экспертиза не проводилась, поскольку живые существа не исследовались.

Статистический анализ

Принципы расчета размера выборки: размер выборки предварительно не рассчитывался.

Методы статистического анализа данных: а) методики оценки показателей статистической динамики профессоров А.Б. Лурье и Н.М. Беспямятновой.; б) данные были представлены в виде графиков, в которых были отброшены переходные процессы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

В качестве объекта исследования установили устройства и производственные процессы, основная задача которых — это выполнение почвообрабатывающих и посевных работ. В том числе можно выделить колебательные и механические технические процессы, которые определяют поведение реализующих систем и подсистем.

Данные акселерометров фиксировали колебания по высоте и далее обрабатывались специальной программой

Основные результаты исследования

В результате исследования системы «рама-рабочий орган» обнаружили, что в расчете не учитывается непосредственное взаимодействие подсистем друг с другом.

Постоянные коэффициенты жесткости трудноопределимы, вследствие чего расчет становится громоздким и трудно-выполнимым. В отличие от упругих соединений рабочего органа, для которых расчет возможен, сопротивление почвы — постоянно изменяющаяся величина, расчет которой произвести невозможно. Определили, что управлять протеканием процесса можно, если одновременно применить изменение частоты колебания рабочего органа и обеспечить жесткость конструкции используемого устройства.

Подводя итог проделанной работы, отметим, что анализ хода рабочего органа можно провести при помощи исследований его определенных структур. Также для проведения анализа необходимо определение новых звеньев для каждого отдельного рабочего органа машины.

Практически такие же графики спектральных плотностей у подсистемы «рама-диски» (рис. 3), так как диски плоско последовательно закреплен на раме. Скорость прохождения агрегата влияет на низкочастотные колебания.

Спектральные плотности представляют собой достаточно широкополосный процесс. Последнее обусловлено тем, что время проведения корреляции очень мало.

Функция когерентности обнаружена до 21 с^{-1} , при этом уровень показателя практически не изменяется. Указанное обстоятельство подтверждает то, что величина колебаний для исследуемого жесткого соединения постоянна при любом значении частоты. Характеристика амплитуд и фаз колебательного процесса является неустойчивой (рис. 4). Кроме того, эта характеристика на основных и запаздывающих частотах находится уровне с минимальной разницей. Запаздывающим звеном является функция $W = ke^{(-pt)}$.

Дополнительные результаты исследования

Исследуемую систему «плоскорез – сошник» в составе ППА-4 необходимо ввести в полное рабочее состояние. Тогда можно добиться полного контакта с интегрирующим звеном — почвой. Возможны два варианта развития событий:

- 1) изменение всей подсистемы, то есть полное изменение в соединении плоскореза и сошника;
- 2) расчленение опытной системы в отдельные блоки и внедрение управляющей системы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Узел «рама-плоскорез» добавляется с целью устранения запаздывания и повышения устойчивости. В результате улучшения плоскореза режим работы можно свести к виду «динамический клин», который заключается в создании виброрежима с поступательными движениями частоты больше средней. В качестве аналога можно использовать подшипник особого рода. Его функция заключается в соединении плоскореза с рамой.

Обсуждение основного результата исследования

При рассмотрении агрегата при разных режимах скорости в системе можно отметить некоторые изменения. В том числе, происходит наложение парных частот колебательных процессов на частоту колебания рамы машины. Тем самым мы можем охарактеризовать сбалансированность работы машины. При скорости 8 км/ч система в машине

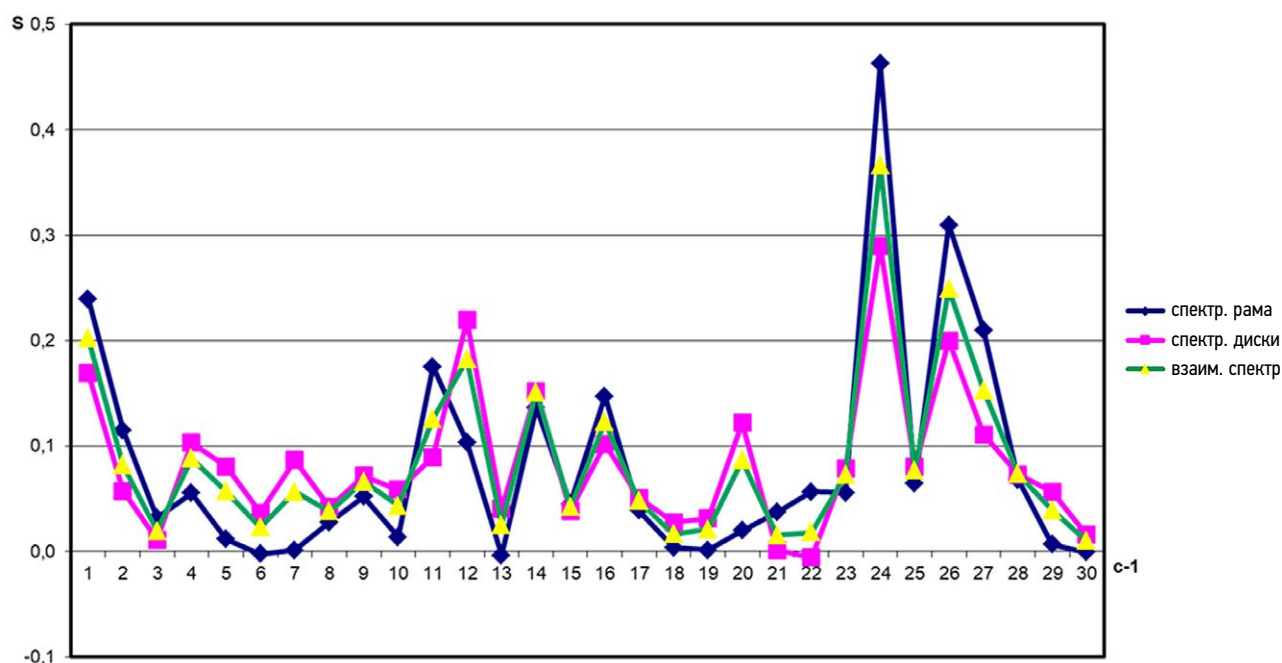


Рис. 3. Плотности различного спектра при скорости 12 км/ч.

Fig. 3. Densities of different spectrum at a velocity of 8 km/h.

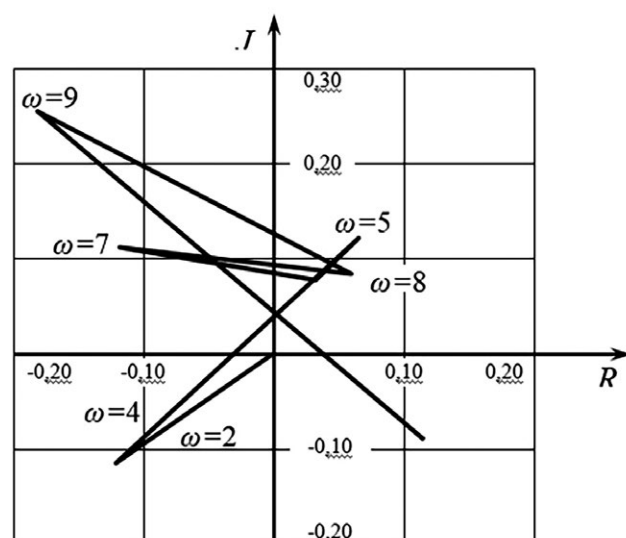


Рис. 4. Амплитудно-фазовая частотная характеристика подсистемы «рама — плоскорез».

Fig. 4. Amplitude-phase frequency response of the "frame — flat cutter" subsystem.

является сбалансированной. При скорости 10 км/ч показатели рабочих органов ухудшаются, машина может перейти в критическое состояние. При скорости 12 км/ч систем в машине является сбалансированной.

Парные частоты колебательных процессов наложились на частоту колебания самой рамы. Это позволило охарактеризовать сбалансированность процессов, происходящих в машине.

После анализа корреляционных функций и функций спектра при варьировании скорости движения рамы определили, что при скорости 10 км/ч наибольший вклад в работу машины в спектр вносит сама рама, в том числе весомый вклад вносят исполнительные системы. При скорости 12 км/ч самый большой вклад вносят пружинные сошники, а влияние от плоскореза незначительное.

Ограничения исследования

Можно сделать вывод, что схема реального агрегата, выполняющего почвообрабатывающие и посевные функции, состоит из нескольких блоков, которые в совокупности характеризуют систему, учитывая запаздывание и минимальный запас устойчивости. При этом возможен некоторый избыток в подводимой энергии к системам. Исключить запаздывание можно путем введения звена, которое будет корректировать запаздывание с помощью передаточной функции $W_6 = K_6 / (T_{p6} + 1)$, то есть система перейдет в неперiodическое звено, которое будет иметь характери-

стику $W_6 = \left(\frac{b}{S} + \frac{a}{S} \right)$ при $\left(\frac{b}{2} \right)^2 < 0$. Указанное обстоя-

тельство позволяет заключить, что в систему необходимо ввести динамическое звено, которое будет иметь отрицательное ускорение. Данное звено может характеризовать

работу системы, если она имеет вид «динамического клина». Данную технологию можно использовать в производстве рабочих оранов для сельскохозяйственных машин подпочвенно-разбрасывающего типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на результатах проведенных нами исследований, можно сказать, что выявлена возможность проведения системного объединения структурных подсистем для многофункциональных с/х машин. Многофункциональность машин заключается в подборе подходящих звеньев для конкретных агрегатов с определенной функцией. Это может привести к оптимизации работы машины, так как набор необходимых звеньев будет обусловлен быстротой действия и устойчивостью и функциональным назначением процесса.

Расчет экономической эффективности осуществлялся на основе действующей «Методики оценки экономической эффективности» и последующих уточняющих положений, путем наложения на модельное хозяйство и расчета 2 вариантов машинно-тракторного парка: базового и нового, с использованием модернизированного почвообрабатывающе-посевого агрегата. Имеет место улучшение основных технико-экономических показателей. Годовой экономический эффект в расчете на 1 агрегат составил 170 тысяч рублей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.Ф. Бельц — проведение экспериментальных исследований и обработка их результатов, поиск публикаций по теме статьи; К.Е. Гузенко — написание и редактирование текста статьи, создание изображений. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. A.F. Belts — conducting experimental studies and processing their results, searching for publications on the topic of the article; K.E. Guzenko — writing and editing the text of the article, creating images. Authors confirm the compliance of their authorship with the ICMJE international criteria. All authors made a substantial

contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельц А.Ф. Обоснование параметров колебательных процессов в рабочих органах многофункциональных агрегатов: дис. ... канд. техн. наук. Зерноград, 2003. EDN: QDWGWP
2. Патент РФ № 2176439 / 10.12.2001 Беспамятнова Н.М., Таранин В.И., Бельц А.Ф. Рабочий орган для подпочвенно-разбросного посева. EDN: DSTKEJ
3. Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г. Оптимизация показателей технологических процессов сельскохозяйственного производства в растениеводстве // Хранение и переработка зерна. 2017. № 1. С. 55–60.
4. Сухарев Д.В. Машины и оборудование для природообустройства. Новочеркасск: НИМИ ДонГАУ, 2022.
5. Сухарев Д.В. Машины и оборудование для природообустройства. Новочеркасск: НИМИ ДонГАУ, 2019.
6. Бельц А.Ф. Исследование устойчивости глубины хода почвообрабатывающего посевного агрегата для защиты почвы от водной эрозии. В кн.: Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год: Материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ, Краснодар, 06 апреля 2022 года. Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2022. С. 209–211.
7. Bandurin M.A., Solodunov A.A. Mathematical modeling of the influence of defects in structures of an on-farm network of rice systems on their operational reliability // J. Phys.: Conf. Ser. 2020. Vol. 1661. P. 012027. doi: 10.1088/1742-6596/1661/1/012027
8. Dolobeshkin E.V., Gumbarov A.D., Bandurin M.A. Monitoring of Arable Land Fertility Based on Agrochemical Analysis and Dynamics of Changes in Soil Organic Matter Reserves // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Vol. 666. P. 052064. doi: 10.1088/1755-1315/666/5/052064
9. Bandurin M.A., Volosukhin V.A., Mikheev A.V., et al. Finite element simulation of cracks formation in parabolic flume above fixed service live // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2018. Vol. 327. P. 022010. doi: 10.1088/1757-899X/327/2/022010
10. Bandurin M.A., Volosukhin V.A., Mikheev A.V., et al. Finite-element simulation of permissible load on gate elements of water-conveying structures to assess risks of anthropogenic

accidents // J. Phys.: Conf. Ser. 2018. Vol. 1118. P. 012005. doi: 10.1088/1742-6596/1118/1/012005

11. Bandurin M.A., Volosukhin V.A., Mikheev A.V., et al. Finite-element simulation of possible natural disasters on landfill dams with changes in climate and seismic conditions taken into account // J. Phys.: Conf. Ser. 2018. Vol. 1015. P. 032011. doi: 10.1088/1742-6596/1015/3/032011

12. Soloviev A.N., Chaika Y.A., Cherpakov A.V., et al. Identification of Defects in Node of Truss in Experimental Approach. In: Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018): Abstracts & Schedule, Busan, Republic of Korea, 09–11 august 2018. Busan: Korea Maritime and Ocean University, 2018. P. 326–327.

13. Prikhodko I., Verbitsky A., Vladimirov S., Safronova T. Microflora microbiological characteristics of saline soils // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 13. P. 09010. doi: 10.1051/e3sconf/20201750901

14. Degtyareva O.G., Safronova T.I., Rudchenko I.I., Prikhodko I.A. Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 698. P. 022015. doi: 10.1088/1757-899X/698/2/022015

15. Safronova T.I., Degtyareva O.G., Vladimirov S.A., Prikhodko I.A. Price Characteristics Of The Project To Construct The Precipitation Runoff System Regulation // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No 6. P. 1845–1852.

16. Prikhodko I., Vladimirov S., Alexandrov D. Application of ecologically balanced technologies of rice cultivation in the Krasnodar Territory // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 273. doi: 10.1051/e3sconf/20212730107

17. Safronova T.I., Vladimirov S.A., Prikhodko I.A. Probabilistic Approach to Soil Fertility Conservation by Mathematical Modeling of Technological Processes and Optimization of Resource Use // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Vol. 666. P. 042063. doi: 10.1088/1755-1315/666/4/042063 EDN: QIZZWM

18. Safronova T., Vladimirov S., Prikhodko I. Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields // E3S Web of Conferences. 2020. P. 09011. doi: 10.1051/e3sconf/202017509011

REFERENCES

1. Belts A.F. Obosnovanie parametrov kolebatelnykh protsessov v rabochikh organakh mnogofunktsionalnykh agregatov [dissertation] Zernograd, 2003. (In Russ.) EDN: QDWGWP
2. Patent RUS № 2176439 / 10.12.2001 Bespamyatnova NM, Taranin VI, Belts A.F. Rabochiy organ dlya podpochvenno-razbrosnogo poseva. (In Russ.) EDN: DSTKEJ
3. Parkhomenko GG, Parkhomenko SG. Optimizatsiya pokazateley tekhnologicheskikh protsessov selskokhozyaystvennogo proizvodstva v rastenievodstve. *Khranenie i pererabotka zerna*. 2017;1:55–60.

4. Sukharev DV. *Mashiny i oborudovanie dlya prirodoobustroystva*. Novocherkassk: NIMI DonGAU; 2022. (In Russ.)

5. Sukharev DV. *Mashiny i oborudovanie dlya prirodoobustroystva*. Novocherkassk: NIMI DonGAU; 2019. (In Russ.)

6. Belts A.F. Issledovanie ustoychivosti glubiny khoda pochvoobrabatyvayushchego posevnogo agregata dlya zashchity pochvy ot vodnoy erozii. In: *Itogi nauchno-issledovatel'skoy raboty za 2021 god: Materialy Yubileynoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu Kubanskogo GAU, Krasnodar, 06.04.2022*. Krasnodar: KubGAU im. I.T. Trubilina, 2022. C. 209–211. (In Russ.)

7. Bandurin MA, Solodunov AA. Mathematical modeling of the influence of defects in structures of an on-farm network of rice systems on their operational reliability. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2020;1661:012027. doi: 10.1088/1742-6596/1661/1/012027
8. Dolobeshkin EV, Gumbarov AD, Bandurin MA. Monitoring of Arable Land Fertility Based on Agrochemical Analysis and Dynamics of Changes in Soil Organic Matter Reserves. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021;666:052064. doi: 10.1088/1755-1315/666/5/052064
9. Bandurin MA, Volosukhin VA, Mikheev AV, et al. Finite element simulation of cracks formation in parabolic flume above fixed service live. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2018;327:022010. doi: 10.1088/1757-899X/327/2/022010
10. Bandurin MA, Volosukhin VA, Mikheev AV, et al. Finite-element simulation of permissible load on gate elements of water-conveying structures to assess risks of anthropogenic accidents. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2018;1118:012005. doi: 10.1088/1742-6596/1118/1/012005
11. Bandurin MA, Volosukhin VA, Mikheev AV, et al. Finite-element simulation of possible natural disasters on landfill dams with changes in climate and seismic conditions taken into account. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2018;1015:032011. doi: 10.1088/1742-6596/1015/3/032011
12. Soloviev AN, Chaika YA, Cherpakov AV, et al. Identification of Defects in Node of Truss in Experimental Approach. In: *Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018): Abstracts & Schedule, Busan, Republic of Korea, 09–11 august 2018*. Busan: Korea Maritime and Ocean University; 2018:326–327.
13. Prikhodko I, Verbitsky A, Vladimirov S, Safronova T. Microflora microbiological characteristics of saline soils. *E3S Web of Conferences*. 2020;13:09010. doi: 10.1051/e3sconf/20201750901
14. Degtyareva OG, Safronova TI, Rudchenko II, Prikhodko IA. Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2019;698:022015. doi: 10.1088/1757-899X/698/2/022015
15. Safronova TI, Degtyareva OG, Vladimirov SA, Prikhodko IA. Price Characteristics Of The Project To Construct The Precipitation Runoff System Regulation. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018;9(6):1845–1852.
16. Prikhodko I, Vladimirov S, Alexandrov D. Application of ecologically balanced technologies of rice cultivation in the Krasnodar Territory. *E3S Web of Conferences*. 2021;273. doi: 10.1051/e3sconf/202127301017
17. Safronova TI, Vladimirov SA, Prikhodko IA. Probabilistic Approach to Soil Fertility Conservation by Mathematical Modeling of Technological Processes and Optimization of Resource Use. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021;666:042063. doi: 10.1088/1755-1315/666/4/042063 EDN: QIZZWM
18. Safronova T, Vladimirov S, Prikhodko I. Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields. *E3S Web of Conferences*. 2020;09011. doi: 10.1051/e3sconf/202017509011

ОБ АВТОРАХ

* Гузенко Кирилл Евгеньевич,

студент архитектурно-строительного факультета;
адрес: Российская Федерация, 117036, Краснодар,
ул. Калинина, д. 13;
ORCID: 0009-0008-8041-2051;
eLibrary SPIN: 8565-7687;
e-mail: k.guzenko2018@yandex.ru

Бельц Алексей Фёдорович,

канд. техн. наук,
доцент кафедры сопротивления материалов;
ORCID: 0000-0001-9897-1339;
eLibrary SPIN: 7311-2794;
e-mail: alexbelz@mail.ru

AUTHORS' INFO

* Kirill Y. Guzenko,

Student of the Architecture and Civil Engineering Faculty;
address: 13 Kalinina street, 117036 Krasnodar,
Russian Federation;
ORCID: 0009-0008-8041-2051;
eLibrary SPIN: 8565-7687;
e-mail: k.guzenko2018@yandex.ru

Alexey F. Belts,

Cand. Sci. (Engineering),
Associate Professor of the Strength of Material Department;
ORCID: 0000-0001-9897-1339;
eLibrary SPIN: 7311-2794;
e-mail: alexbelz@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author