

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ГОРИЗОНТИРОВАНИЯ И ПОДРЕССОРИВАНИЯ ОСТОВА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

PREREQUISITES FOR THE CREATION OF AN INTEGRATED SYSTEM FOR LEVELING AND CUSHIONING FRAMEWORK OF COMBINE HARVESTERS

П.В. СИРОТИН¹, к.т.н.
М.М. ЖИЛЕЙКИН², д.т.н.
А.Г. САПЕГИН³
С.В. ЗЛЕНКО³, к.т.н.

¹ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ), Новочеркасск, Россия

² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

³ ООО «КЗ «Ростсельмаш», Ростов-на-Дону, Россия, spv_61@mail.ru

P.V. SIROTIN¹, PhD in Engineering
M.M. ZHILEYKIN², DSc in Engineering
A.G. SAPEGIN³
S.V. ZLENKO³, PhD in Engineering

¹ Platov South Russian state polytechnic university (NPI), Novocherkassk, Russia

² Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

³ LLC "Rostselmash", Rostov-on-Don, Russia, spv_61@mail.ru

Приведенная обзорно-аналитическая статья посвящена определению и обоснованию перспективных направлений современного комбайностроения. В работе представлен анализ исследований, проведенных в России и за рубежом, по влиянию уклона агрофона на один из важнейших показателей эффективности работы зерноуборочных комбайнов – общие потери зерна. Для обеспечения заданной эффективности работы на склонах показана необходимость использования специальных комбайнов или внесения изменений в конструкцию существующих. Приведена классификация зерноуборочных комбайнов в зависимости от приспособленности к работе на полях со склоном. По каждой из выделенных групп проведен подробный анализ их конструкций, выделены отличительные признаки, а также определены механизмы и системы, обеспечивающие снижение потерь зерна комбайна на агрофонах со сложным рельефом. Выделены основные причины, сдерживающие широкое распространение таких систем. На основе экспериментальных данных, полученных в ходе полевых испытаний зерноуборочных комбайнов, показан уровень действующих динамических нагрузок на их остов. Проведен спектральный анализ действующих ускорений на адаптере, балках переднего и заднего мостов. По его результатам выделены основные частоты, при которых формируются нагрузки. Обоснована необходимость внедрения систем подрессоривания, которые также могли бы выполнять функцию горизонтирования остова и способствовать процессу копирования рельефа агрофона жаткой. Представлена динамическая модель зерноуборочного комбайна с системой горизонтирования и подрессоривания, приведены доводы по созданию и внедрению подобных систем. Сделаны выводы и определены направления дальнейших исследований по разработке полифункциональных систем для отдельных исполнений комбайнов, работающих на агрофонах со сложным рельефом и обладающих конкурентоспособным уровнем эксплуатационных свойств.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, работа комбайна на склоне, потери продукции, горизонтирование, подрессоривание, динамическая модель.

This review-analytical article is devoted to the definition and justification of promising areas of modern combine-building. The paper presents an analysis of studies conducted in Russia and abroad, on the effect of the bias of soil preparation on one of the most important indicators of the efficiency of the operation of combine harvesters-total grain losses. To ensure a given efficiency of work on the slopes, the need to use special combines or to make changes to the existing ones is shown. The classification of combine harvesters is given depending on the suitability for work in fields with a slope. For each of the selected groups, a detailed analysis of their structures is carried out, distinctive features are identified, and mechanisms and systems are determined that ensure a reduction in grain losses of the combine harvester on soil preparation with complex terrain. The main reasons for the widespread use of such systems are identified. Based on the experimental data obtained during field testing of combine harvesters, the level of dynamic loads acting on their frameworks is shown. Spectral analysis of the acting accelerations on the adapter, arms of front and rear double-reduction axles are carried out. Based on the analysis the main frequencies at which the loads are formed are identified. The need for the introduction of suspension systems, which could also perform the function of leveling framework and facilitate the process of copying the topography of the soil preparation with a header is explained. A dynamic model of a combine harvester with a system of leveling and cushioning is presented, arguments are given for the creation and implementation of such systems. Conclusions are drawn and directions for further research on the development of multifunctional systems for individual implementations of combine harvesters working on soil preparation with complex terrain and having a competitive level of operational properties are determined.

Keywords: combine harvester, harvester work on the slope, product loss, leveling, cushioning, dynamic model.

Введение

Одна из основных проблем сельского хозяйства по увеличению производства зерна заключается в повышении эффективности работы зерноуборочных комбайнов (ЗУК) на агрофонах со сложным макро- и микрорельефом, на которые только по СНГ приходится более 16 млн га посевов зерновых [1, 2]. При проведении уборочных работ на таких местностях отмечается значительное увеличение потерь зерна из-за неприспособленности конструкции ЗУК к особым условиям, в связи с чем в России и за рубежом разработаны соответствующие технические и конструктивные решения [3–5], которыми оснащаются лишь незначительная часть производимой техники. Вместе с тем, в последнее время отмечается рост эксплуатационных скоростей ЗУК, что ведет к увеличению действующих на них динамических нагрузок и ухудшению показателей плавности хода [6]. Однако ни системы уменьшения потерь продукции при работе ЗУК на полях со склоном и микронеровностями, ни системы подрессоривания не имеют широкого применения из-за их высокой начальной стоимости [7], монофункциональности [8], низкой надежности и т.д. Указанные недостатки могут быть нивелированы за счет разработки и внедрения систем, выполняющих комплекс функции, например, по снижению потерь продукции при работе ЗУК на агрофонах со сложными рельефом, а также подрессориванию остова. Разработка методов конструирования таких систем позволит значительно улучшить эксплуатационные свойства и массо-габаритные показатели рассматриваемого типа самоходных машин, что обуславливает практическую значимость и актуальность исследований по данному направлению.

Цель исследования

Целью исследования являлось выделение оптимальных конструкторско-технологических решений по снижению потерь зерна при работе ЗУК на полях со сложным рельефом, а также оценка параметров их плавности хода для выбора и определения требований к системам подрессоривания остова.

Потери при работе ЗУК на агрофонах с неровностями

По данным отечественных машино-испытательных станций, на агрофонах с уклоном

8...0° при подаче хлебной массы 4,5 кг/с общие потери зерна могут достигать до 6 %. Проведенные лабораторные и лабораторно-полевые испытания систем очистки ЗУК показали, что при наклоне молотилки одновременно в поперечном и продольном направлениях потери достигают 8...2 % [7]. Аналогичные результаты по ЗУК получены за рубежом: в условиях работы на гористой местности величина уклона в значительной степени изменяет геометрические и кинетические основы процесса очистки зерна [9–11], а потери могут составлять до 13 %. Размер этих потерь в главной степени зависит от величины угла наклона местности. В работе [12] показано, что при наклоне до 6° средний прирост потерь составлял около 0,2 % на 1 % роста уклона местности. При уклоне местности более 6° этот рост может быть больше более чем в два раза.

К настоящему времени известны конструкции ЗУК и их систем, обеспечивающие снижение потерь зерна при уборке на склонах до 24...26°. По области применения ЗУК можно разделить на следующие классы: равнинные, работающие без нарушения технологического процесса на склонах до 8° в поперечном и продольном направлениях; косогорные, работающие без нарушения технологического процесса на склонах до 14...16°; крутосклонные – на склонах до 26° [13].

В основе конструкции равнинных ЗУК чаще всего лежит воздушно-решетчатая система (ВРО), представленная на рис. 1.

Данная схема реализована в большинстве современных конструкций комбайнов отечественного и иностранного производства [3, 4]. Проведенные исследования эффективности работы такой схемы показали, что при крене

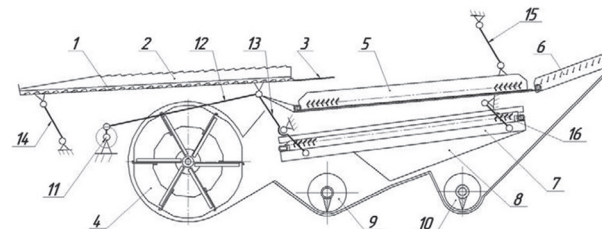


Рис. 1. Схема ВРО равнинного ЗУК:

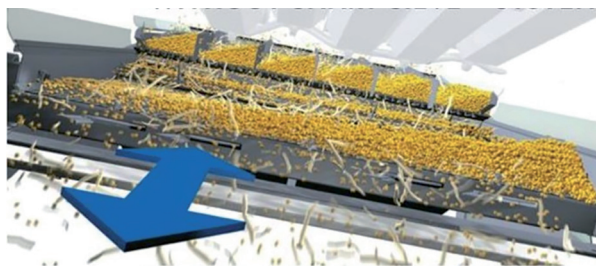
- 1 – транспортная доска; 2 – продольная гребенка;
- 3 – пальцевая решетка; 4 – вентилятор; 5 – верхний решетчатый стан; 6 – удлинитель верхнего решета;
- 7 – нижний решетчатый стан; 8 – скатная доска;
- 9 – зерновой шнек; 10 – колосовой шнек;
- 11 – механизм привода; 12 – шатун; 13 – двуплечий рычаг; 14, 15, 16 – подвески

комбайна увеличение потерь обусловлено смещением технологической массы к одной из сторон молотильно-сепарирующего устройства. При движении ЗУК на подъем либо спуск такие системы неэффективны из-за изменения скорости движения технологической массы. Основным способом снижения потерь равнинного ЗУК при работе на склонах является снижение скорости движения, а также регулировка режимов функционирования рабочих органов.

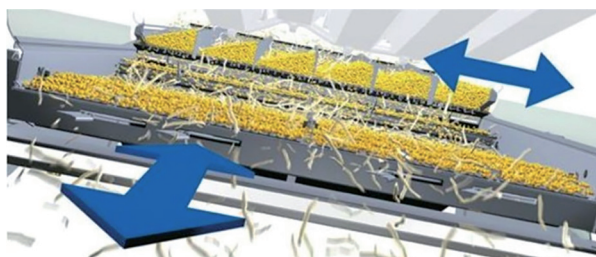
Косогорные модификации ЗУК отличаются от базовых моделей адаптированной к склонам системой очистки и молотильно-сепарирующего устройства (рис. 2). Компания NEW HOLLAND с целью снижения потерь зерна на склонах разработала и запатентовала систему автоматического выравнивания решетчатого стана Smart Sieve (рис. 2, *a* и 2, *б*), в которой электрический силовой привод постоянно поддерживает решетка и грохот в горизонтальном положении, а также управляет параметрами вентилятора очистки [5].

Таким образом, технологическая масса равномерно распределяется по решеткам, а воздушный поток, проходящий сквозь сита, обеспечивает очистку и сепарацию тонкого вороха. Наличие такой системы позволяет увеличить рабочую скорость ЗУК на агрофонах со сложным рельефом с обеспечением достаточно высокого качества обмолота. Также внедрены и запатентованы технологии Opti-Speed и Opti-Fan, позволяющие автоматически изменять параметры работы клавиш соломотряса и вентилятора в зависимости от угла наклона опорной поверхности [5]. Компания Claas внедрила в ЗУК систему 3D очистки, позволяющую автоматически изменять параметры верхнего решета и обеспечивающую его дополнительным возвратно-поступательным движением по двум направлениям (рис. 2, *в*) [4]. Аналогичные разработки есть у компании «Ростсельмаш», «John Deere», марки «Fend» и др.

Представленные механизмы позволяют несколько повысить эффективность работы ЗУК на уклонах до 10..12°, однако при значительных уклонах также малоэффективны. В связи с этим, многие известные производители ЗУК, такие как Claas, Laverda, John Deere, New Holland и Fend разработали и внедрили системы стабилизации положения остова (рис. 3), отличительной особенностью которых является наличие дополнительных механизмов по



a



б



в

Рис. 2. Системы очистки косогорных ЗУК:
a, б – Smart Sieve (New Holland); *в* – 3D (Claas)

управлению положением колес. Например, комбайны фирмы Claas модификации Montana (рис. 4, *a*) оснащают специальными системами выравнивания остова, что обеспечивает качественную работу техники на боковом склоне до 38 %, движении на подъем – до 30 % и спуск – до 14 % [14]. Ключевым элементом системы выравнивания остова комбайна Claas Montana является ведущий мост (рис. 4, *б*). Благодаря повороту бортовых редукторов (рис. 4, *в*) с помощью гидравлических цилиндров колеса адаптируются к профилю опорной поверхности, шасси комбайна принимает горизонтальное положение, чем обеспечивается уменьшение общих потерь продукции [14].

Динамические нагрузки на остова ЗУК при его движении

Вместе с тем, из-за повышения требований к эксплуатационным свойствам сельхозмашин в последнее время можно выделить рост скоростей ЗУК при движении как в транспортном,



a



б



в



г

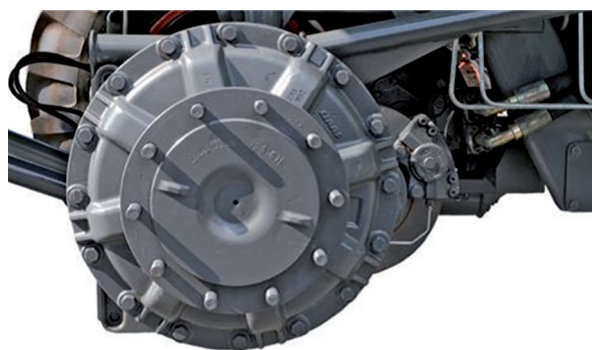
Рис. 3. Крутосклонные ЗУК марок: Laverda (a), John Deere (б), New Holland (в) и Fend (г)



a



б



в

Рис. 4. Крутосклонный ЗУК марки Claas (a) и основные элементы системы горизонтирования его остова: б – подвеска МУК; в – MBK

так и в рабочем режиме. В настоящее время разрабатываются перспективные модели ЗУК, которые должны развивать скорость в транспортном режиме до 50 км/ч. При повышении скоростей движения повышаются и нагрузки, действующие на остова комбайнов и их операторов.

Для оценки уровня действующих нагрузок на остова ЗУК проведены эксперименты, в ходе которых были оценены усилия (реакции), передаваемые от колес на балки ведущего (MBK) и управляемого мостов (МУК) ком-

байна RSM S-300, а также виброускорения по центру адаптера, балке МВК и на поперечной балке рамы комбайна в районе ее крепления к МУК. Для измерения усилий, передаваемых от колес на балки МВК и МУК, в качестве первичных источников сигнала применялись полные тензометрические мосты из датчиков ПКБ-20, которые были скоммутированы для измерения изгиба и наклеены на балки мостов. Балансировка мостов и усиление сигнала осуществлялось с помощью одноканальных тензоусилителей АТ-5. Тарировка тензоканалов в вертикальной плоскости производилась путем поддомкрачивания комбайна с контролем нагрузки на колесо весовым комплексом ВТПА-5, в горизонтальной – путем приложения нагрузки к колесу в горизонтальной плоскости с помощью ленточных строп и винтовой стяжки, с контролем нагрузки электронным динамометром СТ4-5. Для измерения виброускорений применялись трех- и одноосевые MEMS-акселерометры РСВ. В качестве регистрирующей аппаратуры использовалась измерительная система НВМ с блоками регистрации данных QuantumX. Измерения проводили на полигоне, профиль которого позволяет воспроизвести нагрузки во время перегонов «бригада – поле» и «поле – поле».

Установлено, что при движении по разбитым грунтовыми дорогам с пустым бункером на II и III передачах со скоростями 15...22 км/ч при попадании на неровные участки коэффициент динамичности на передней оси может достигать значений 2,6...2,7, вертикальная реакция R_z достигает 85...87 кН (рис. 5, а), хотя при статической нагрузке R_z составляет 3,58 кН. На приведенной осциллограмме также отмечены моменты, в которых R_z снижается до нуля, что свидетельствует об отрыве колес МВК от опорной поверхности. Динамические нагрузки, действующие на заднюю ось, несколько меньше: коэффициент динамичности достигает значений 1,7...1,8; вертикальная реакция достигает 4,2 кН, хотя при статической нагрузке составляет 2,38 кН (рис. 5, б).

Вместе с ростом динамических нагрузок отмечено увеличение уровня действующих виброускорений. Анализ экспериментальных данных по спектрам вертикальных ускорений показал, что вид этих спектров на МВК и МУК значительно отличается (рис. 6, а и рис. 6, б). Так, если на МВК можно выделить два основных уровня виброускорений (\ddot{z}), действующих

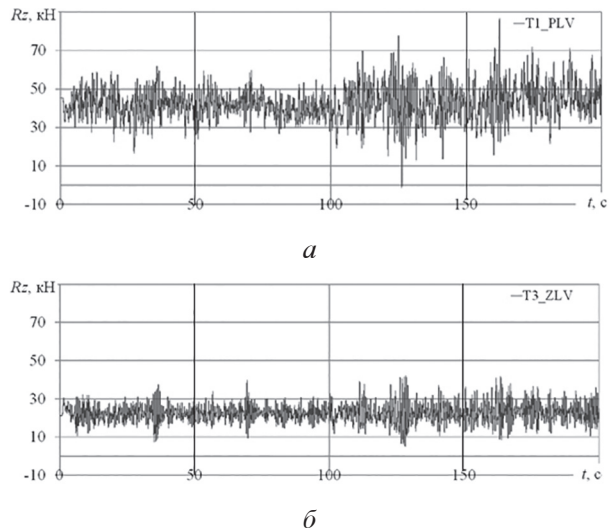


Рис. 5. Осциллограммы реакций опорной поверхности МВК (а) и МУК (б) ЗУК RSM S-300 при движения по грунтовой дороге

на частотах 1,17 и 1,75 Гц, то на МУК максимальные виброускорения сосредоточены на частоте 1,63 Гц. На отдельных частотах уровень \ddot{z} на задней оси в 1,7...2,1 раза больше, чем на передней. В ходе испытаний было отмечено, что МУК получал ускорения до 8,2 м/с², а МВК – до 5,7 м/с².

Поскольку установлено, что на остова ЗУК со стороны опорной поверхности действуют значительные нагрузки, что обусловлено высокими скоростями движения и особенностями компоновки рассматриваемого типа самоходных машин, то одним из способов улучшения их плавности хода может стать применение

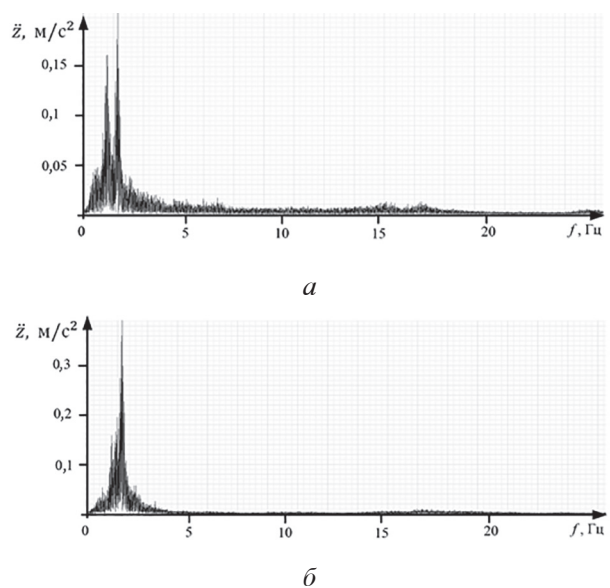


Рис. 6. Спектры вертикальных ускорений на МВК (а) и МУК (б) ЗУК RSM S300

систем поддрессоривания остова. При этом, для повышения экономической целесообразности внедрения таких систем они должны выполнять и другие функции, например, горизонтирования остова. Анализ конструкции современных самоходных ЗУК показал, что практически все известные модели имеют схожую компоновку, по которой можно составить обобщенную расчетную схему динамической системы «опорная поверхность – рабочий орган – остова ЗУК – оператор» (рис. 7, а). Связи между основными звеньями рассматриваемой системы будут определяться: $c_{ж-л}$, $c_{ж-п}$, $c_{нк-л}$, $c_{нк-п}$, $c_{ш1-л}$, $c_{ш1-п}$, $c_{ш2-л}$, $c_{ш2-п}$ – соответственно, коэффициентами жесткости левой и правой стороны подвески жатки, подвески наклонной камеры, шин МВК и шин МУК; $b_{нк-л}$, $b_{нк-п}$, $b_{ш1-л}$, $b_{ш1-п}$, $b_{ш2-л}$, $b_{ш2-п}$ – соответственно, коэффициентами демпфирования левой и правой стороны подвески наклонной камеры, шин МВК и шин МУК. Таким образом, ЗУК с полифункциональной системой горизонтирования и поддрессоривания (рис. 7, б) будет отличаться от традиционной компоновки наличием подвески МУК с направляющим, упругим и демпфирующим элементом. В предлагаемой схеме снижение действующих динамических нагрузок может обеспечиваться упруго-демпфирующим элементом подвески МУК с заданными харак-

теристиками жесткости ($c_{п2-п}$) и вязкости ($b_{п2-п}$), а также подвеской наклонной камеры и жатки. Такая компоновка позволит реализовать принцип динамического демпфирования при колебаниях рабочего органа – жатки. С целью обеспечения функции горизонтирования упруго-демпфирующий элемент подвески МУК должен иметь активную регулировку и исполнять сигналы со стороны системы управления.

Проведенное графическое моделирование движения на спуск и подъем ЗУК с системой горизонтирования остова показало, что предлагаемые системы способны компенсировать уклон опорной поверхности до 8...10°, при этом массо-габаритные характеристики машин будут мало отличаться от серийно выпускаемых. Предварительные расчеты также показали, что системы поддрессоривания могут быть интегрированы в серийно выпускаемые машины путем замены применяемых жестких балансирных подвесок на однорычажные с заданным уровнем упруго-демпфирующих свойств.

Выводы

1. В настоящее время разработаны и реализованы различные конструктивные схемы функциональных механизмов и систем, обеспечивающие некоторое снижение потерь продукции при работе ЗУК на полях со склоном.

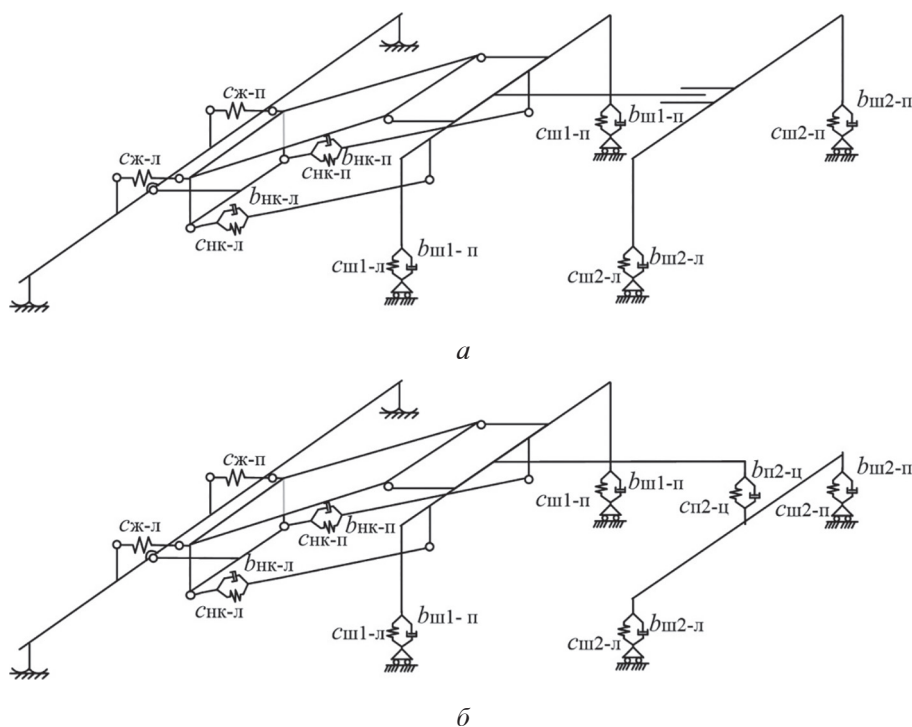


Рис. 7. Динамические модели ЗУК традиционной компоновки (а) и с полифункциональной системой поддрессоривания и горизонтирования (б)

2. Функциональные органы косогорных комбайнов являются относительно сложными механизмами, требуют точной настройки и перенастройки, что усложняет процесс эксплуатации, приводит к увеличению работ по обслуживанию машин.

3. Применение системы горизонтирования ЗУК является эффективным средством снижения потерь при работе машин на значительных склонах, однако такие системы имеют сложную конструкцию и, как следствие, низкую надежность, а также обладают высокой стоимостью, что сдерживает их широкое применение и не позволяет оснащать ими базовые комплектации техники.

4. На основе экспериментальных данных показано, что при движении ЗУК с высокими скоростями на него действуют значительные нагрузки, снижается плавность хода; требуемые параметры можно обеспечить, например, применением системы подрессоривания остова.

5. Спектральный анализ действующих ускорений на элементах шасси ЗУК при движении в транспортных режимах показал, что основные нагрузки сосредоточены в низкочастотной области. Соответственно, для их гашения возможно применение систем, обладающих невысоким уровнем быстройдействия.

6. С целью снижения потерь при работе ЗУК на агрофонах со сложным рельефом и обеспечения заданного уровня плавности хода целесообразно разработать и применить систему, выполняющую комплексно функции подрессоривания, горизонтирования остова, а также копирования рельефа поля жаткой.

Литература

1. Рязанов А.В., Сороченко С.Ф. Адаптер системы очистки для работы зерноуборочного комбайна на склонах // Ползуновский альманах. 2009. Т. 2. № 3. С. 65–67.
2. Биэниек Е. Влияние наклона местности на потери зерна, собираемого комбайном, оснащенным двухплоскостным ситом // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2007. № 10. С. 102–105.
3. Ростсельмаш. Продукция. Зерноуборочные комбайны. Режим доступа: http://rostselmash.com/products/grain_harvesters (дата обращения 01.07.2017).
4. Claas. Products. Режим доступа: <http://www.claasofamerica.com/company-claas-contact/>

[claas-of-america/dealer-locator](http://www.claasofamerica.com/dealer-locator) (дата обращения 01.07.2017).

5. New holland. Продукты. Загрузка брошюры. Режим доступа: <http://www.newholland.co.nz/?id=462> (дата обращения 01.07.2017).
6. Сиротин П.В., Черненко А.Б., Татьянин Д.П. Влияние конструкций рабочих органов на вибронагруженность кабин зерноуборочных комбайнов // Инновации в науке – инновации в образовании: тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. Новочеркасск, 2016. С. 94–98.
7. Сороченко С.Ф. Конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов, предназначенных для работы на склонах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9 (143). С. 158–164.
8. Сиротин П.В., Кравченко В.В., Лебединский И.Ю. Обзор систем и механизмов снижения потерь продукции при работе уборочных комбайнов на склонах // Ежемесячный международный научный журнал «Scientific pages». 2017. № 2. С. 28–31.
9. Bieniek J., Banasiak J., Lewandowski B. Straty ziarna w zespole czyszczącym wyposażonym w sito daszkowe // Inżynieria Rolnicza, Kraków. 2005. № 3 (63), P. 71–79.
10. Dreszer A.K. Problem strat ziarna przy kombajnowym zbiorze zbyż na zboczach // Inżynieria Rolnicza. Wrocław. 2001. № 12. P. 37–41.
11. Dreszer A.K., Gieroba J. Problemy strat i uszkodzeń ziarna podczas kombajnowego zbioru // Problemy Agrofizyki z.50, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, PAN, 1986. P. 16–19.
12. Roszkowski A., Kombajny zbożowe do pracy na zboczach. Maszyny i Ciągniki Rolnicze nr 11, Warszawa. 1989. P. 44–47.
13. Фролов К.В., Ксенович И.П., Варламов Г.П., Колчин Н.Н. Сельскохозяйственные машины и оборудование. Т. IV. М., Машиностроение, 1998. 720 с.
14. Claas. Режим доступа: <http://www.claas.it/prodotti/mietitrebbie/tucano-430-montana> (дата обращения 01.07.2017).

References

1. Ryazanov A.V., Sorochenko S.F. Cleaning system adapter for the combine harvester on the slopes. Polzunovskiy al'manakh. 2009. Vol. 2. No 3, pp. 65–67 (in Russ.).
2. Biendien E. The effect of the slope of the terrain on the loss of grain collected by a combine equipped with a two-plane sieve. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2007. No 10, pp. 102–105 (in Russ.).

3. Rostsel'mash. Produktsiya. Zernouborochnye kombayny [Rostselmash. Products. Combine harvesters.]. URL: http://rostselmash.com/products/grain_harvesters (accessed 01.07.2017).
4. Claas. Products. URL: <http://www.claasofamerica.com/company-claas-contact/claas-of-america/dealer-locator> (accessed 01.07.2017).
5. New holland. Produkty. Zagruzka broshyury. URL: <http://www.newholland.co.nz/?id=462> (accessed 01.07.2017).
6. Sirotnin P.V., Chernenko A.B., Tat'yanin D.P. Influence of the structures of the working bodies on the vibration load of the cabins of combine harvesters. Innovatsii v nauke - innovatsii v obrazovanii. tez. dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Innovations in science - innovations in education. Abstracts of international scientific-practical conferences]. Novocherkassk, 2016, pp. 94–98 (in Russ.).
7. Sorochenko S.F. Competitiveness of combine harvesters intended for work on slopes. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No 9 (143), pp. 158–164 (in Russ.).
8. Sirotnin P.V., Kravchenko V.V., Lebedinskiy I.Yu. Overview of systems and mechanisms to reduce product losses when harvesting combines on slopes. Ezhemesyachnyy mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal «Scientific pages». 2017. No 2, pp. 28–31 (in Russ.).
9. Bieniek J., Banasiak J., Lewandowski B. Straty ziarna w zespole czyszczącym wyposażonym w sito daszkowe // Inżynieria Rolnicza, Kraków. 2005. № 3(63), pp. 71–79.
10. Dreszer A.K. Problem strat ziarna przy kombajnowym zbiorze zbyż na zboczach // Inżynieria Rolnicza. Wrocław. 2001. № 12, pp. 37–41.
11. Dreszer A.K., Gieroba J. Problemy strat i uszkodzeń ziarna podczas kombajnowego zbioru // Problemy Agrofizyki z.50, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, PAN, 1986. P. 16–19.
12. Roszkowski A., Kombajny zbożowe do pracy na zboczach. Maszyny i Ciągniki Rolnicze nr 11, Warszawa. 1989, pp. 44–47.
13. Frolov K.V., Ksenevich I.P., Varlamov G.P., Kolchin N.N. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i oborudovanie [Agricultural machinery and equipment]. Vol. IV. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1998. 720 p.
14. Slaas. URL: <http://www.claas.it/prodotti/mietitrebbie/tucano-430-montana> (accessed 01.07.2017).