

## Агрегатирование составных модулей зерноуборочного комплекса КЗР-10 с универсальным энергетическим средством

### Aggregating of component modules of the KZR-10 (K3P-10) grain-harvesting machine with multipurpose power vehicle

А. И. ДМИТРЕНКО, канд. техн. наук

А. И. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Зерноград, Россия, burjanov2015@yandex.ru

A. I. DMITRENKO, PhD in Engineering

A. I. BUR'YANOV, DSc in Engineering

North Caucasus Research Institute of Agricultural Engineering and Electrification, Zernograd, Russia, burjanov2015@yandex.ru

В сельском хозяйстве стран Европы находят применение новые зерноуборочные машины более высокого технического уровня — агрегаты модульного построения на базе универсальных энергетических средств и сменных уборочных модулей. Агрегаты имеют недостатки и нуждаются в совершенствовании. Цель исследования состоит в определении направления совершенствования способов агрегатирования составных модулей серийно выпускаемого зерноуборочного комплекса КЗР-10 с его шасси "Полесье". Предполагается, что агрегатирование указанных модулей и шасси целесообразно по варианту с подачей убранный продукт к молотильно-сепарирующему устройству комплекса и дальнейшей очисткой в прицепном очистителе-накопителе. Это возможно при усовершенствовании компоновочной схемы шасси универсального энергетического средства и агрегатирования с ним составных модулей. Шасси универсального энергетического средства в предлагаемом варианте агрегатирования имеет ходовые колеса одного диаметра, нижнее расположение силовой установки между ними, кабину управления с возможностью оперативного перемещения на шасси в поперечном и вертикальном направлениях. Молотильно-сепарирующее устройство как основной модуль комплекса устанавливается сверху на шасси посредством собственного механизма. Ротор молотильно-сепарирующего устройства расположен вдоль продольной оси шасси и совмещает обмолот, продольное прямоточное перемещение обмолоченного вороха и его передачу к очистителю-накопителю. Жатка уборочного модуля навешивается на шасси универсального энергетического средства посредством наклонной камеры, сопрягаемой с молотильно-сепарирующим устройством. Показатели вариантов агрегатирования составных модулей зерноуборочного комплекса с шасси универсального энергетического средства в статике определены с помощью расчетов и подтверждают целесообразность новой схемы агрегатирования. Агрегатирование позволит снизить коэффициент загрузки несущих колес шасси универсального энергетического средства, повысить коэффициенты загрузки управляемых колес и запаса управляемости шасси в соответствии с требованиями действующего государственного стандарта России по безопасности.

**Ключевые слова:** агрегатирование; модули; зерноуборочный комплекс; универсальное энергетическое средство; силы; реакции.

In agriculture of European countries new grain-harvesting machines of higher technical level, namely module-construction aggregates based on multipurpose power vehicles and replaceable harvesting modules are designed and used. These aggregates have some disadvantages and need to be improved. The object of the research is to determine the direction of improving of methods for aggregating of component modules of series-manufactured grain-harvesting machine KZR-10 (K3P-10) with its chassis. It is supposed that the aggregating of such modules with the chassis is reasonable in the case of supplying of harvested product to thrashing and separating device of the machine, and its further cleaning in grain cart. It is possible when improving the layout diagram of chassis of multipurpose power vehicle and aggregating of component modules with it. In proposed variant of aggregating, the chassis of multipurpose power vehicle has running wheels with equal diameter and undermount power unit between them. The driving cab is adapted to quickly moving on the chassis in traversal and vertical directions. Main module of machine, the thrashing and separating device is mounted on the top of chassis by means of proper mechanism. The rotor of thrashing and separating device is located along longitudinal axis of chassis and combines thrashing and longitudinal direct-flow travel of thrashed heap, and its transfer to grain cart. The header of harvesting module is mounted on the chassis of multipurpose power vehicle by means of the feed elevator matching with thrashing and separating device. The indices of aggregating of component modules of grain-harvesting machine with chassis of multipurpose power vehicle are determined by calculations. They confirm that new aggregating scheme is appropriate. Such aggregating allows to reduce the load coefficient of carrying wheels of chassis of multipurpose power vehicle and to increase the load coefficient of driven wheels and controllability of chassis according to Russia's existing safety standard.

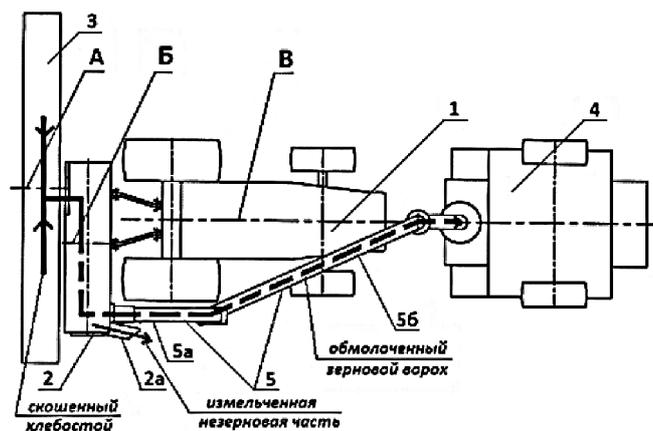
**Keywords:** aggregating; modules; grain-harvesting machine; multipurpose power vehicle; forces; reactions.

#### Введение

В сельском хозяйстве стран Европы внедряются технические средства нового поколения для обеспечения процессов производства и уборки растениеводческой продукции с блочно-модульным построением технологических агрегатов на базе универсального энергетического средства (УЭС) и составных модулей различных назначений. Такие агрегаты высоко адаптивны к современным условиям хозяйствования благодаря многовариантности исполнения модулей по назначению и при-

способляемости их конструкций к агрегатированию с шасси УЭС. На базе высвобождаемого шасси УЭС создаются транспортно-технологические и уборочные агрегаты, которые отличаются нетрадиционными компоновками построения.

Особое внимание заслуживают серийно выпускаемые УЭС семейства "Полесье" (ОАО "Гомсельмаш", Республика Беларусь) и комплектуемые на их базе зерноуборочные комплексы типа КЗР-10 "Полесье-Ротор". Шасси УЭС-250/280 "Полесье" со сменяемыми технологическими модулями разработано в рамках мероприя-



**Рис. 1.** Вид зерноуборочного комплекса КЗР-10 в плане и схема движения убираемого продукта по рабочим органам модулей:

*A, B, B* — продольные оси жатки, МСУ и агрегата; *1* — шасси УЭС; *2* — МСУ роторного типа; *2a* — выход измельченной незерновой части; *3* — жатка прямого среза; *4* — прицепной модуль очистки и накопления зерна; *5* — система транспортировки зернового вороха; *5a* — элеватор; *5b* — шнековый транспортер

тий программы Союзного государства (Россия — Республика Беларусь).

Шасси УЭС-250/280 имеет полурамную конструкцию с передними несущими (большого диаметра) и задними управляемыми (малого диаметра) колесами. На полураме УЭС сверху размещена силовая установка. Кабина УЭС с реверсивным постом управления расположена над несущими колесами. УЭС оснащено передней навесной системой и задним прицепным устройством.

Комплекс КЗР-10 "Полесье-Ротор" (рис. 1) включает навешенный спереди на шасси УЭС уборочный модуль, состоящий из жатки и молотильно-сепарирующего устройства (МСУ), прицепной сзади к шасси УЭС модуль очистки-накопления зерна и соединяющую боковую систему для транспортировки зернового вороха между ними.

Жатка навешена на МСУ, которое, в свою очередь, фронтально закреплено на навеске шасси УЭС. МСУ выполнено с поперечно расположенным ротором, который оборудован окном для приема скошенного жаткой хлебостоя и выбросными окнами для выброса измельченной незерновой части и дальнейшего транспортирования обмолоченного зернового вороха. Продольные оси жатки (ось *A*), МСУ (ось *B*) и шасси УЭС и всего агрегата (ось *B*) разнесены между собой в плане.

Главные технические и технологические недостатки компоновки комплекса КЗР-10:

- перегрузка несущих колес шасси УЭС вследствие навешивания на его мост уборочного модуля в полном составе;

- увеличенная длина пути (тракта) продвижения убираемого продукта (сначала скошенного жаткой хлебостоя, далее его обмолота МСУ и обмолоченного зернового вороха) с момента его поступления в технологические модули комплекса до завершения обработки;

- непрямочный зауженный тракт продвижения убираемого продукта от МСУ до прицепного очистителя-накопителя;

- некачественная работа рабочих органов очистителя-накопителя на очистке вороха вследствие сложности обеспечения равномерного распределения вороха по их ширине;

- традиционная тракторная компоновочная схема УЭС, при которой колеса шасси имеют разные диаметры, силовая установка расположена сверху на полураме шасси, а кабина управления УЭС неподвижно закреплена на шасси, что не обеспечивает возможности монтажа сверху на шасси УЭС сменных технологических модулей.

Как видно из изложенного выше, технические и технологические решения, разработанные и реализованные в конструктивно-компоновочных схемах как самого шасси УЭС-250/280, так и сменных модулей мало приспособлены для создания на их основе высокоэффективных уборочных агрегатов.

### Цель исследования

Статья посвящена изучению путей совершенствования способов агрегатирования составных модулей зерноуборочных комплексов на базе УЭС, реализующих принципиальную компоновочную схему агрегата типа КЗР-10 с шасси УЭС-250/280.

### Материалы и методы

Более прогрессивные технические решения реализованы в конструкциях УЭС семейства Xerion (фирма CLAAS, Германия) [1], базирующихся на шасси рамной конструкции с двумя парами несущих и управляемых колес одного диаметра. Построение технологических, в т.ч. и уборочных машин на базе такого шасси обеспечивает возможность агрегатирования сменных модулей на навесных устройствах шасси, а также возможность монтажа сверху на его раму технологических модулей на стояночных опорах путем перемещения кабины управления. Однако такая схема проектирования уборочных машин не полностью решает организацию прямоочного технологического процесса прохождения по рабочим органам машины убираемого продукта без сжатия потока при перемещении от МСУ к модулю очистки и накопления. Эта компоновочная схема агрегатирования и монтажа на шасси УЭС Xerion зерноуборочного модуля комбайна запатентована фирмой CLAAS в России. Сведений о ее практической реализации в открытой печати пока нет.

Устранение перечисленных недостатков зерноуборочного комплекса КЗР-10 возможно при изменении компоновочных схем самого шасси УЭС, составных модулей комплекса и их агрегатирования с шасси. Вопросы концептуального построения технологических агрегатов нового поколения, в т.ч. и уборочного назначения на базе УЭС подробно описаны в источниках [2—4].

На рис. 2 проиллюстрированы серийно реализуемый и предлагаемый варианты схем агрегатирования составных модулей зерноуборочного комплекса типа КЗР-10 с шасси УЭС. Также показаны в статике воздействие на шасси УЭС сил от агрегатируемых модулей и получаемые при этом реакции от почвы на ходовые колеса УЭС.

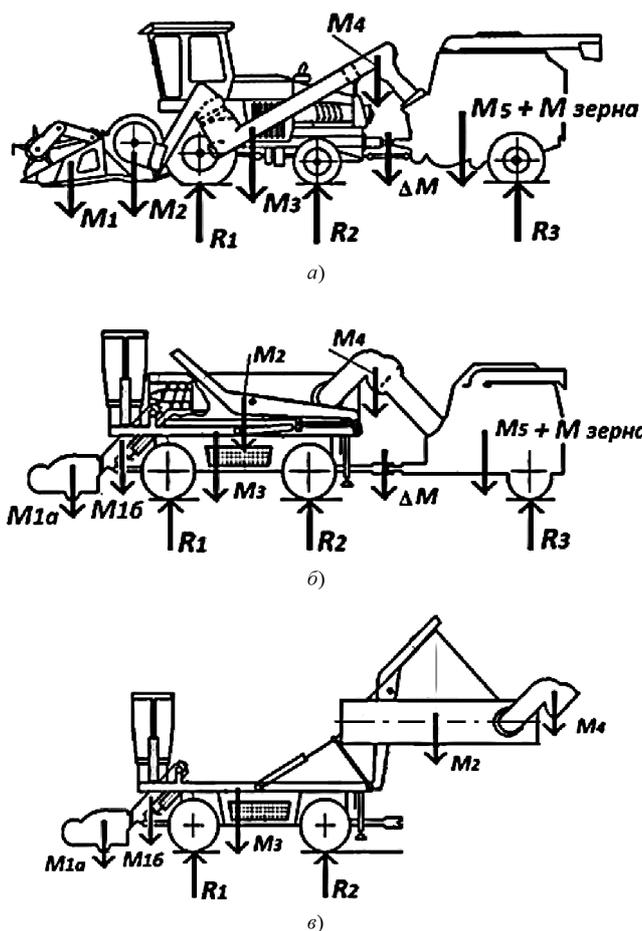


Рис. 2. Схемы серийно реализуемого (а) и предлагаемого (б) вариантов агрегатирования составных модулей зерноуборочных комплексов типа КЗР-10 с шасси УЭС, а также монтажа/демонтажа модуля МСУ на шасси УЭС (в) и направлений действующих на него сил и реакций:

силы от конструкций модулей:  $G_{1a}$  — жатки;  $G_{16}$  — наклонной камеры;  $G_2$  — МСУ;  $G_3$  — шасси УЭС;  $G_4$  — системы транспортирования вороха;  $G_5$  — очистителя-накопителя зерна;  $\Delta G$  — сила догрузки шасси УЭС от дышла очистителя-накопителя;  $R_1, R_2$  — нормальные реакции на передние и задние колеса шасси УЭС;  $R_3$  — нормальные реакции на колеса очистителя-накопителя зерна

Отличительные особенности уборочного агрегата в предлагаемом варианте агрегатирования, в полной мере отраженные в техническом решении по патенту РФ [5], состоят в том, что шасси УЭС имеет ходовые колеса одного диаметра и нижнее расположение силовой установки между ними. Кабина управления УЭС может оперативно перемещаться на его шасси в поперечном и вертикальном направлениях, что повышает удобство соединения шасси УЭС с модулями. МСУ устанавливается сверху на шасси УЭС с помощью собственного механизма замены модулей.

Ротор МСУ расположен вдоль продольной оси шасси УЭС и совмещает при работе обмолот, продольное прямоочное перемещение обмолоченного вороха и его передачу от МСУ к очистителю-накопителю посредством системы транспортирования вороха с укороченным технологическим трактом. Жатка уборочного модуля

навешена на навесную систему шасси УЭС посредством наклонной камеры, сопрягаемой с рабочими органами МСУ.

Показатели сравниваемых вариантов агрегатирования составных модулей зерноуборочных комплексов типа КЗР-10 с шасси УЭС определены расчетным путем и представлены в таблице. В качестве исходных данных использована рекламная информация и результаты испытаний зерноуборочного комплекса КЗР-10 на Северо-Западной машиноиспытательной станции.

## Результаты и их обсуждение

Эксплуатационная масса УЭС в обоих вариантах агрегатирования принята одинаковой и составляет 7800 кг при коэффициенте  $k$  ее распределения: 60 % на несущие и 40 % на управляемые колеса в серийно реализуемом варианте агрегатирования; по 50 % на оба колеса в предлагаемом варианте. Прицепной очиститель-накопитель зерна имеет массу 4600 кг и объем бункера  $7 \text{ м}^3$  с догрузкой от его дышла  $\Delta G$  на прицепное устройство УЭС до 4900 Н в порожнем и до 9800 Н в загруженном состоянии с массой зерна 4900 кг.

В предлагаемом варианте усилие дополнительно навешиваемой наклонной камеры  $F_{16}$  составляет 9800 Н. Общие силы  $\Sigma G_{\text{КЗР}}$  воздействия комплекса КЗР-10 достигают в серийно реализуемом варианте 172 600 Н без зерна и 221 600 Н с зерном, а в предлагаемом варианте соответственно 169 148 и 217 168 Н. Усилия от навешиваемых и устанавливаемых на шасси УЭС модулей  $\Sigma G_{\text{мод}}$  составляют 47 628 Н в серийно реализуемом варианте и 57 428 Н — в предлагаемом.

Серийно реализуемый вариант агрегатирования составных модулей комплекса КЗР-10 обеспечивает максимальные нормальные реакции  $R_1$  на несущие колеса УЭС — 90 944 Н без зерна и с ним. Реакции  $R_2$  на управляемые колеса УЭС составляют 38 024 Н без зерна и 42 924 Н с зерном, реакции  $R_3$  на колеса очистителя-накопителя — 40 180 Н без зерна и 83 300 Н с зерном, суммарные реакции  $\Sigma R_{\text{УЭС}}$  по шасси УЭС — 128 968 Н без зерна и 133 868 Н с зерном, суммарные реакции  $\Sigma R_{\text{КЗР}}$  по всему комплексу КЗР-10 — 169 148 Н без зерна и 217 168 Н с зерном.

Предлагаемый вариант агрегатирования позволяет изменить величины реакций на колеса шасси УЭС: на несущие — уменьшить на 21 560 Н, на управляемые — увеличить на 31 360—36 260 Н. Реакции на колеса прицепного очистителя-накопителя останутся на прежнем уровне.

Эти изменения приводят к уменьшению коэффициента  $\lambda_1$  загрузки несущих колес шасси УЭС с 1,189 до 0,908, увеличению коэффициента  $\lambda_2$  загрузки управляемых колес шасси УЭС с 0,497—0,562 до 0,908—0,972 и сохранению коэффициента загрузки колес очистителя-накопителя на прежнем уровне. Коэффициент  $\varphi_1$  запаса управляемости шасси УЭС комплекса КЗР-10 (по управляемым колесам) увеличивается с 1,242—1,405 до 1,816—1,944.

Такие показатели агрегатирования соответствуют требованиям действующего ГОСТа по безопасности труда [6], согласно которым нагрузка на управляемые колеса

**Сравнительные показатели агрегатирования составных модулей зерноуборочных комплексов типа КЗР-10 с шасси УЭС по серийно реализуемой и предлагаемой схемам**

Показатели	Обозначение или расчетная формула	По серийно реализуемой схеме		По предлагаемой схеме	
		Без зерна	С зерном	Без зерна	С зерном
<b>Рабочее положение зерноуборочного комплекса КЗР-10</b> Силы от действия конструкций составных модулей, Н					
Жатки	$G_{1a}$	20 580	20 580	20 580	20 580
Наклонной камеры	$G_{16}$	—	—	9800	9800
МСУ	$G_2$	24 500	24 500	24 500	24 500
Шасси УЭС	$G_3$	76 440	76 440	76 440	76 440
Системы транспортирования вороха	$G_4$	2548	2548	2548	2548
Навешиваемых и устанавливаемых на шасси УЭС модулей	$\Sigma G_{\text{мод}} = G_{1a} + G_{16} + G_2 + G_4$	47 628	47 628	57 428	57 428
Очистителя-накопителя	$G_5$	40 180	83 300	40 180	83 300
Догрузка на шасси УЭС от дышла очистителя-накопителя	$\Delta G$	4900	9800	4900	9800
Комплекса КЗР-10	$\Sigma G_{\text{КЗР}} = G_{1a} + G_{16} + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + \Delta G$	169 148	217 168	178 948	226 968
<b>Нормальные реакции на колеса зерноуборочного комплекса, Н</b>					
Несущие колеса УЭС	$R_1$	90 944	90 944	69 384	69 384
Управляемые колеса УЭС	$R_2$	38 024	42 924	69 384	74 284
Колеса очистителя-накопителя	$R_3$	40 180	83 300	40 180	83 300
Все колеса шасси	$\Sigma R_{\text{УЭС}} = R_1 + R_2$	128 968	133 868	138 160	143 668
Все колеса комплекса	$\Sigma R_{\text{КЗР}} = R_1 + R_2 + R_3$	169 148	217 168	178 948	226 968
<b>Коэффициент загрузки колес зерноуборочного комплекса</b>					
Несущие колеса УЭС	$\lambda_1 = R_1/G_3$	1,189	1,189	0,908	0,908
Управляемые колеса УЭС	$\lambda_2 = R_2/G_3$	0,497	0,562	0,908	0,972
Колеса очистителя-накопителя	$\lambda_3 = R_3/G_5$	1	1	1	1
<b>Коэффициент запаса управляемости шасси УЭС зерноуборочного комплекса</b>					
Управляемые колеса УЭС	$\varphi_1 = R_2/(k G_3)$	1,242	1,405	1,816	1,944
		$k_{\text{сер}} = 0,4$		$k_{\text{предл}} = 0,5$	
<b>Изменение реакций на колесах зерноуборочного комплекса, Н</b>					
Несущие колеса УЭС	$\Delta R_1$	0	0	-21 560	-21 560
Управляемые колеса УЭС	$\Delta R_2$	0	+4900	+31 360	+36 260
Колеса очистителя-накопителя	$\Delta R_3$	0	+43 120	0	+43 120
<b>Монтаж модуля (МСУ) сверху на шасси УЭС</b> Нормальные реакции на колеса шасси УЭС, Н					
Несущие колеса	$R_1$	—	—	МСУ на грунте 67 424	МСУ на стопах 67 424
Управляемые колеса	$R_2$			39 396	63 896
Все колеса шасси	$\Sigma R_{\text{УЭС}} = R_1 + R_2$			106 820	13 120
<b>Коэффициент загрузки колес шасси УЭС зерноуборочного комплекса</b>					
Несущие колеса	$\lambda_1 = R_1/G_3$	—	—	0,882	0,882
Управляемые колеса	$\lambda_2 = R_2/G_3$	—	—	0,515	0,863
<b>Коэффициент запаса управляемости шасси УЭС зерноуборочного комплекса</b>					
Управляемые колеса	$\varphi_1 = R_2/(k G_3)$	—	—	1,03	1,672
				$k_{\text{предл}} = 0,5$	

УЭС (как самоходной машины) должна составлять не менее 0,12 от его эксплуатационной массы. При агрегатировании составных модулей на шасси УЭС с традиционной тракторной компоновкой нагрузка на его управляемые колеса должна быть не менее 0,2 от его эксплуатационной массы. При выполнении сопутствующей погрузочной операции при составлении комплекса КЗР-10 из модулей для агрегатирования с шасси УЭС (для случая монтажа МСУ сверху на шасси) величины коэффициентов загрузки несущих и управляемых колес шасси УЭС, а также запаса их управляемости отвечают требованиям ГОСТа.

## Выводы

Проведенные исследования подтвердили целесообразность применения предлагаемой схемы агрегатирования модулей с шасси УЭС в составе зерноуборочного комплекса типа КЗР-10. Такое агрегатирование позволит снизить значение коэффициента загрузки несущих колес шасси УЭС, повысить значения коэффициентов загрузки их управляемых колес и запаса управляемости шасси УЭС в соответствии с требованиями ГОСТа по безопасности.

Кроме того, в результате перераспределения нагрузки между несущими и управляемыми колесами шасси ожидается существенное улучшение сцепных свойств ходового шасси УЭС в предлагаемом варианте, а также снижение негативного воздействия на почву от перегруженных несущих колес шасси УЭС в серийном варианте.

В дальнейшем предполагается проведение исследований агрегатирования модулей в составе зерноуборочного комплекса КЗР-10 с учетом элементов динамики, а также совершенствование системы транспортирования обмолоченного вороха от МСУ шасси УЭС к прицепному очистителю-накопителю.

## Литература и источники

1. **Дмитренко А. И.** Способы и средства агрегатирования набора адаптеров с энергосредством для выполнения технологических и погрузочно-транспортных процессов при производстве продукции полеводства // *Техника будущего: перспективы развития сельскохозяйственной техники: Сб. тр. междунар. науч.-практ. конф.* Краснодар, 2013. С. 109—114.

2. **Бурьянов А. И., Пахомов В. И., Дмитренко А. И.** и др. Способ агрегатирования набора сменяемых модулей-адаптеров и блоков из них с энергосредством для выполнения ме-

ханизированных работ при производстве сельскохозяйственной продукции и средство для его осуществления. Патент РФ № 2431954, 2011.

3. **Бурьянов А. И., Дмитренко А. И.** Современные тенденции развития мобильных энергетических средств для села // *Техника и оборудование для села.* 2015, № 6. С. 8—13.

4. **Бурьянов А. И., Дмитренко А. И.** Универсальные технические системы для сельского хозяйства // *Сельскостопанска техника.* 2015, т. LII, № 1. С. 27—39.

5. **Бурьянов А. И., Дмитренко А. И., Рехлицкий О. В.** и др. Энергосредство для агрегатирования с набором сменяемых модулей-адаптеров при производстве сельскохозяйственной продукции. Патент РФ № 2574479, 2016.

6. **ГОСТ 12.2.019—2005.** Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. М.: Стандартинформ, 2010. 14 с.

## References

1. Dmitrenko A. I. Ways and means of aggregating a set of adapters with power unit to perform processing, loading and transport processes in field crops production. *Tekhnika budushchego: perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Sb. tr. mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Technology of the future: development prospects of agricultural machinery. Proc. int. sci. and pract. conf.]. Krasnodar, 2013, pp. 109—114 (in Russ.).

2. Bur'yanov A. I., Pakhomov V. I., Dmitrenko A. I., Bur'yanov M. A. *Sposob agregatirovaniya nabora smenyaemykh moduley-adapterov i blokov iz nikh s energosredstvom dlya vypolneniya mekhanizirovannykh rabot pri proizvodstve sel'skokhozyaystvennoy produktsii i sredstvo dlya ego osushchestvleniya* [A method for aggregating a set of interchangeable module adapters and blocks with power unit to perform mechanized works in agricultural production and means for its implementation]. Patent RF, no. 2431954, 2011.

3. Bur'yanov A. I., Dmitrenko A. I. Current trends in development of mobile power units for rural areas. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2015, no. 6, pp. 8—13 (in Russ.).

4. Bur'yanov A. I., Dmitrenko A. I. Universal technical systems for agriculture. *Selskostopanska tekhnika*, 2015, vol. LII, no. 1, pp. 27—39 (in Russ.).

5. Bur'yanov A. I., Dmitrenko A. I., Rekhlicskiy O. V., Volkov I. V., Kamko A. I. *Energosredstvo dlya agregatirovaniya s naborom smenyaemykh moduley-adapterov pri proizvodstve sel'skokhozyaystvennoy produktsii* [Power unit for aggregation with a set of interchangeable module adapters in agricultural production]. Patent RF, no. 2013136772, 2016.

6. **GOST 12.2.019—2005.** Occupational safety standards system. Tractors and self-propelled agricultural machines. General safety requirements. Moscow, Standartinform Publ., 2010, 14 p. (in Russ.).