

УДК 631.372

UDC 631.372

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВЫГРУЗКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ ИЗ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО КУЗОВА
ТРАКТОРНОГО ПРИЦЕПА**

**ANALYSIS OF PROCESS OF UNLOADING
AGRICULTURAL PRODUCTION FROM THE
ADVANCED BODY OF THE TRACTOR
TRAILER**

Колупаев Сергей Васильевич
к.т.н.
РИНЦ SPIN-код= 3320-2808

Kolupaev Sergey Vasilyevich
Cand.Tech.Sci.
RSCI SPIN-code= 3320-2808

Юхин Иван Александрович
к.т.н.
РИНЦ SPIN-код=9075-1341

Yukhin Ivan Alexandrovich
Cand.Tech.Sci.
RSCI SPIN-code=9075-1341

Успенский Иван Алексеевич
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код=1831-7116

Uspenskij Ivan Alexeevich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code=1831-7116

Аникин Николай Викторович
к.т.н.
РИНЦ SPIN-код= 3288-4202

Anikin Nikolai Victorovich
Cand.Tech.Sci.
RSCI SPIN-code= 3288-4202

Зейналов Эльвин Афисович
инженер
РИНЦ SPIN-код= 2810-6524

Zeynalov Elvin Afisovich
engineer
RSCI SPIN-code=2810-6524

Ахмедов Рамазан Камалпашаевич
аспирант

Akhmedov Ramazan Kamalpashaevich
postgraduate student

Колиденков Владислав Михайлович
инженер

Kolidenkov Vladislav Mikhailovich
engineer

Кокорев Геннадий Дмитриевич
д.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код= 9173-7360

Kokorev Gennady Dmitrievich
Dr.Sci.Tech., assistant professor
RSCI SPIN-code= 9173-7360

Лунин Евгений Васильевич
к.т.н., доцент

Lunin Evgeniy Vasilyevich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

Рембалович Георгий Константинович
д.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код= 9656-2331

Rembalovich Georgy Konstantinovich
Dr.Sci.Tech., assistant professor
RSCI SPIN-code= 9656-2331

Родионова Елена Александровна
магистр
*Рязанский государственный
агротехнологический университет имени П.А.
Костычева, Рязань, Россия*

Rodionova Elena Alexandrovna
master student
*Ryazan State Agrotechnological University named after
P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Развитие сельскохозяйственного производства неизбежно влечет за собой увеличение объема перевозок и грузооборота. Поэтому вопросы повышения эффективности работы транспорта, снижения себестоимости перевозок и повышения производительности труда приобретают большое значение. В

The development of agricultural production inevitably entails an increasing volume of traffic and a turnover of goods. Therefore, the issues of increasing transport efficiency, reducing the price of transportations and improving productivity acquire great importance. In most cases, supersize dump trucks used for the transport of agricultural production have much more

большинстве случаев используемые для перевозок в сельском хозяйстве большегрузные самосвалы, имеют строительное назначение и большую свыше 6 тонн нагрузку на ось. Таким автомобилям необходимы дороги с улучшенным покрытием до каждого поля, что, несомненно, является существенным недостатком. Из-за лишних перемещений комбайна к самосвалу до разворотной полосы на конце поля, увеличиваются затраты, повреждения и потери урожая, а заезд тяжелой машины в поле приводит к уплотнению почвы, что в конце концов сказывается на будущем урожае. Транспортировка сельскохозяйственного груза наиболее эффективна, когда автомобиль доезжает непосредственно до комбайна. Такой транспорт должен иметь достаточные проходимость и вместимость кузова кратную объему бункера комбайна и не оказывает значительного уплотняющего воздействия на почву. При этом способе комбайны лишний раз не перемещаются и не простаивают. Основные требования к транспортным средствам, используемым при уборке картофеля, заключаются в более производительном использовании за счет увеличения вместимости и снижения простоев при загрузке и разгрузке, и минимизации уровня повреждений перевозимых клубней. Для перевозки сельскохозяйственной продукции существует различная транспортная техника, которая или не в полной мере отвечает требованиям перевозки легкоповреждаемой продукции, или имеет значительную стоимость. Поэтому необходимы специально оснащенные кузова транспортных средств, конкурентно-способные в приемлемом для РФ диапазоне. В качестве одной из инновационных разработок, в данной статье предложен самосвальный кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции. Предложенное конструктивное решение самосвального кузова обеспечивает равномерную выгрузку перевозимой продукции из кузова транспортного средства и не допускает явления сводообразования

Ключевые слова: ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ РАБОТЫ, ПОТЕРИ ПРОДУКЦИИ, СОХРАННОСТЬ, ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ, ТРАКТОРНЫЙ ТРАНСПОРТ

than 6 tons axle load. Thus, these cars need to have roads with improved surface to each field, which undoubtedly is a significant drawback. Because of the extra movements of harvester dump trucks on the turning strip at the end of the field, it increases expenses of damage and loss of crops and the arrival of heavy machinery in the field leading to soil compaction, that in the end affects the future crop. Transportation of agricultural commodities is most effective when the car arrives directly to the harvester machinery. Such vehicles must have sufficient abilities and capacity of the body comparable with the volume of a combine hopper and has no significant impact on soil sealing. With this method, harvesters do not make extra movements and are not idle. Basic requirements for vehicles used in the harvesting potatoes, are in a more productive use due to increasing the capacity and reducing downtime when loading or unloading and minimizing the level of damage to other tubers. For the transportation of agricultural products there is a different transport technology, which either do not fully meets the requirements of transportation of highly fragile product, or has a significant cost. Therefore, we require a specially equipped vehicle bodies, with a competitive ability in the range acceptable to the Russian Federation. As one of the innovative developments, this article proposes a tipper body of the vehicle for transportation of highly fragile agricultural products. The proposed design solution for the tipper ensures a uniform unloading of transported products from the vehicle body and prevents arching issues

Keywords: HANDLING OPERATIONS, LOSSES OF PRODUCTION, PRESERVATION, DAMAGES, TRACTOR TRANSPORT

Во время уборки картофеля немаловажное значение с точки зрения эксплуатационно-технологических показателей транспортной и

специальной техники и повышения надежности их функционирования в соответствии с параметрами качества продукции [1, 2] занимает процесс её выгрузки из транспортного средства.

Разработанный алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах [3] подразумевает использование в конструкции транспортных средств устройств для снижения колебаний грузовой платформы [4, 5].

В зависимости от технологии уборки и используемой техники применяются различные способы транспортирования убранного картофеля с поля.

При комбайновом способе уборки применяются автомашины-самосвалы (рисунок 1), автомашины с полуприцепами, тракторные самосвальные прицепы, полуприцепы и контейнеровозы (последние при использовании контейнеров). За последнее время преимущественное применение получают транспортные средства повышенной вместимости, как наиболее эффективные [6].



Рисунок 1 - Перегрузка картофеля из бункера комбайна в транспортное средство

В большинстве случаев используемые для перевозок в сельском хозяйстве большегрузные самосвалы, имеют строительное назначение и большую свыше 6 тонн нагрузку на ось. Таким автомобилям необходимы

дороги с улучшенным покрытием до каждого поля, что несомненно является существенным недостатком. Из-за лишних перемещений комбайна к самосвалу до разворотной полосы на конце поля увеличиваются затраты, повреждения и потери урожая, а заезд тяжелой машины в поле приводит к уплотнению почвы, что в конце концов сказывается на будущем урожае. Во многих странах, в том числе и России, были поставлены специальные опыты. Они показали, что уплотнение пылевато-иловатого суглинка транспортным средством, колеса которого давят на землю с силой 2 кг/см^2 , снижает урожайность картофеля более чем на 10-50% [7]. Тем не менее, в России такие нарушения, как заезд тяжелой техники в поле, носят массовый и повсеместный характер.

Транспортировка сельскохозяйственного груза наиболее эффективна, когда автомобиль доезжает непосредственно до комбайна. Такой транспорт должен иметь достаточные проходимость и вместимость кузова кратную объему бункера комбайна и не оказывать значительного уплотняющего воздействия на почву. При этом способе комбайны лишней раз не перемещаются по полю и не простаивают [7].

Обязательным условием современных перевозок является оснащенность специализированными кузовами [8, 9]. Скорость движения в технологическом режиме должна быть 1-8 м/с (3,6-29 км/ч). Минимальное давление в шинах должно составлять 0,1-0,15 МПа, при этом давление в шинах должно регулироваться. Дополнительно автотранспорт

сельскохозяйственного назначения должен быть оборудован механизмом автоматического открывания и закрывания бортов из кабины, весоизмерительным устройством, валом отбора мощности и надставными бортами [10].

Создание перспективной автомобильной техники для АПК, отвечающей новым технологиям на основе использования современных достижений науки и техники, должно осуществляться за счет использования новых материалов, конструкторских и технологических решений.

В работах [11, 12] проведен анализ состояния технологий и техники для картофелеводства в России и зарубежом. На его основе авторами предложено создание высокопроизводительных уборочных агрегатов со сменными бункерами на основе серийных картофелеуборочных комбайнов.

В соответствии с основными требованиями к технологическому уровню тракторов, транспортных средств и прицепов на долгосрочную перспективу [13] нами проведён анализ основных эксплуатационных свойств тракторных самосвальных прицепов и полуприцепов, которые могут быть использованы в уборочно-транспортном процессе. Результаты анализа сведены в таблицу 1 [14].

Таблица 1 - Отечественные самосвальные тракторные прицепы и полуприцепы

№	Марка	Грузоподъёмность, т	Кузов, ДхШхВ, м	Кол-во осей/колес	Тип шин	Конструктивные особенности
1	2	3	4	5	6	7
Прицепы самосральные						
1	«Сармат»-852510	5,5	4,6х2,3х0,5 Н=5,54	2/4	15,5/65-18	трехсторонняя разгрузка
2	«Сармат»-85720F	13,1	4,2х2,3х0,5	3/6	16,5/70-18	боковая разгрузка, двухкузовной
3	2ПТС-5	5,0	4,2х2,5х0,5	2/4	15,5/65-18	трехсторонняя разгрузка
4	2ПТС-4 мод. 887Б	4,0	4,5х2,4х0,5	2/4	15,5/65-18	трехсторонняя разгрузка
Полуприцепы самосральные						
5	«Сармат»-952610	5,3	4,2х2,3х0,5 Н=5,8	1/2	16,5/70-18	трехсторонняя разгрузка
6	«Сармат»-95572-10	12,0	6,6х2,5х0,8 Н=5,63	2/4	16,5/70-18	задняя разгрузка
7	«Сармат»-955740	14,0	5,0х2,16х1,0+0,3 Н=5,74			задняя разгрузка, гидропривод заднего борта
8	«Сармат»-95574С	11,0	5,0х2,16х1,0+0,3 Н=5,74		16,5/70-18	задняя разгрузка
9	«Сармат»-95575В	11,0	4,5х2,16х1,0+0,3 Н=5,34		15,5/65-18	
10	«Сармат»-95575С	7,0	4,5х2,16х1,0 Н=5,34		2/4	15,5/65-18
11	«Сармат»-955780	6,7	4,55х2,3х0,5 Н=6,54	2/4	16,5/70-18	трехсторонняя разгрузка
12	мод.95032 (ОАО «ИМЗ»)	7,2	4,8х2,4х0,7	2/4	15,5/65-18 и 16,5/70-18	трехсторонняя разгрузка
13	3ПТС-6,5 мод.85491	6,5	6,3х2,5х0,5+0,5	3/6	16,5/70-18	боковая разгрузка

При разгрузке самосвальных транспортных средств в хранилищах или под навесом следует учитывать высоту их поднятого кузова.

Выгрузка убранных картофеля из комбайнов бункерного типа во все названные выше транспортные средства осуществляется в стационарном режиме.

Основные требования к транспортным средствам, используемым при уборке картофеля, заключаются в более производительном использовании за счет увеличения вместимости и снижения простоев при загрузке и разгрузке и минимизации уровня повреждений перевозимых клубней. Обращается внимание на снижение давления ходовых систем работающих машин и прицепов на почву полей. С этой целью на тракторах, уборочных машинах и транспортных средствах используются широкопрофильные шины, многоосные и гусеничные колесные системы [14].

За рубежом разработано и налажено серийное производство различной транспортной техники для легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции. Наиболее перспективным является универсальное шасси Smart Chassis «Интеллектуальное шасси» от компании Ludwig Bergmann GmbH, которое воплощает разнообразные требования в одну четкую концепцию универсальности [15].

Smart Chassis является уникальной мехатронной несущей платформой для кузовов различных типов и разностороннего применения прицепов с фиксированной универсальной сцепкой. Разработчикам компании BERGMANN в сотрудничестве с факультетом сельскохозяйственной механизации и мобильной спецтехники университета Osnabrück, удалось объединить как известные, так и новые функции в одном универсальном управляемом шасси. Активная стабилизация раскачивания, автоматическое регулирование уровня, почвосберегающий менеджмент тягового усилия, гидравлическая настройка шасси, а также функция точного взвешивания согласованы между собой в унифицированном модульном концепте. Таким образом, в одном устройстве сочетаются инженерные мысли в области механики и новейших информационных технологий [15].

Данное шасси предполагает установку различных кузовов и оборудования: разбрасыватели, прицепы для перевозки измельченной массы, перевалочные прицепы и кузова.

Данные установленные системы значительно улучшают процесс уборки сельскохозяйственного урожая, снижают трудоемкость и в целом способствуют значительному повышению производительности труда.

Прицепы с электронной системой торможения (EBS) и системой стабилизации качения (RSS) от компании Bernard Krone GmbH обеспечивают максимальную возможную безопасность при эксплуатации самозагружающихся прицепов даже на высокой скорости движения и крутых поворотах. Krone интегрирует в свой самозагружающийся прицеп решение, которое уже в полной мере зарекомендовало себя при использовании в автомобильных прицепах.

Другим функциональным средством является тормозная система с автоматическим регулированием тормозного усилия в зависимости от нагрузки (ALB). Так достигается точная и простая регулировка тормозного усилия. Также имеется интегрированная антиблокировочная система (ABS), которая при резком торможении противодействует возможной блокировке колес путем снижения тормозного давления. Система стабилизации бортового раскачивания (RSS) понижает опасность опрокидывания самозагружающегося прицепа [15].

Прицепы-самосвалы фирмы B.V. BECO (Нидерланды) способны перевозить тяжелые грузы массой от 16 до 26 тонн [15]. Стабилизация прицепа позволяет выполнять выгрузку как на скользком участке местности, так и на уклоне. Самосвал оснащен гидравлической подвеской, которая предлагает больше комфорта на высоких скоростях, а также обеспечивает превосходные внедорожные качества.

Универсальные тракторные прицепы Conow ТМК 16/ТМК22 Universal от фирмы Conow-Anhängerbau предназначены для перевозки

различных сельскохозяйственных грузов: картофеля, свеклы, сена, кукурузы, опилок. Благодаря специальному уплотнению (из полиамида) бортов возможна транспортировка мелкозернистых продуктов, таких как рапс, зерно, удобрение [15].

Универсальные тракторные прицепы ТМК 16/ ТМК 22 от фирмы Conow-Anhängerbau могут работать в режиме самосвала, опрокидывание прицепа возможно направо, налево и назад с помощью 5-ти ступенчатого гидроцилиндра.

Для транспортировки сенажа возможна установка надставных бортов, которые значительно увеличивают вместимость прицепа и позволяют за один раз перевезти большой объем сенажа.

Таким образом, передовые технологии в области электроники, сенсорной техники и программного обеспечения будут определять характер агротехнических инноваций и приведут к увеличению автоматизации рабочих процессов в растениеводстве с целью организовать работу более эффективно, качественно, точно, экологично и экономически целесообразно.

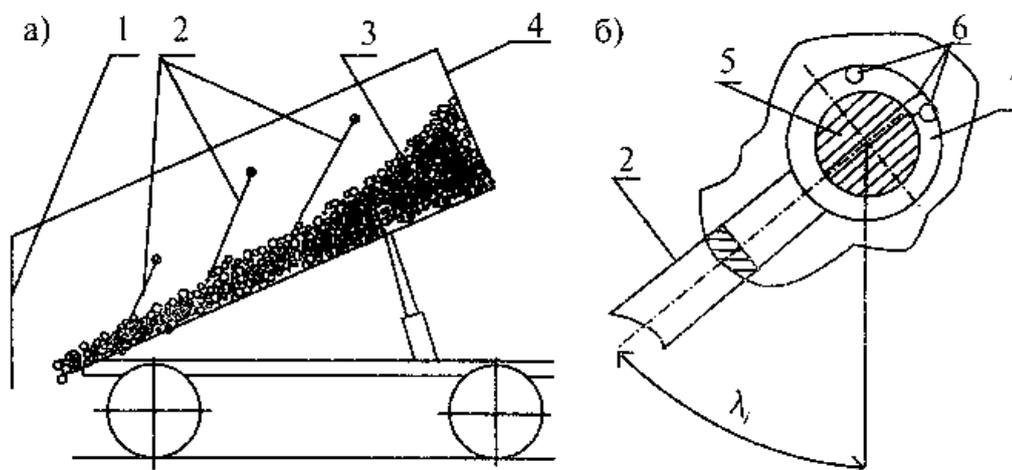
Работа на интеллектуальной технике, освоение наукоемких, точных технологий потребуют пересмотра кадровой политики и образования в АПК, которая должна базироваться на соответствующей организации хозяйств и их должном инженерном обеспечении нового типа.

Из выше описанного можно сделать вывод, что для перевозки сельскохозяйственной продукции существует различная транспортная техника, которая или не в полной мере отвечает требованиям перевозки легкоповреждаемой продукции, или имеет значительную стоимость. Поэтому необходимы специально оснащенные кузова транспортных средств, конкурентно-способные в приемлемом для РФ диапазоне. Нами ведется работа в этом направлении [16, 17, 17]. В качестве одной из инновационных разработок предлагается самосвальный кузов

транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции [19].

С целью обеспечения равномерной выгрузки перевозимой продукции нами предложен самосвальный кузов (рис. 2, 3) [16, 17, 18], который содержит жестко закрепленные на днище 3 передний борт 4, боковые борты. Имеется задний откидной борт 1. В кузове размещены жестко закрепленные на днище 3 и переднем борту 4 продольные перегородки и подвижные, различные по высоте и вращающиеся во втулках, поперечные перегородки 2, закрепленные оси 5 вращения последних расположены на различном расстоянии от днища 3 кузова. В осях 5 и в проушинах 7 поперечных перегородок 2 вмонтированы ограничивающие их перемещения пальцы 6. Поперечные перегородки 2 различны по высоте, выполнены от заднего борта 1 по возрастанию, и закреплены с возможностью поворота на заданный угол λ_i [17].

Предлагаемое конструктивное решение транспортного средства по сравнению с базовым, принятым за прототип, позволяет снизить повреждения продукции и улучшает его эксплуатационно-технологические характеристики. Описанный самосвальный кузов конструктивно прост, обладает малой энергоемкостью и надежен в работе.



1 – борт задний откидной; 2 – поперечные перегородки; 3 – днище кузова; 4 – борт передний; 5- оси вращения поперечных перегородок; 6 – пальцы; 7 – проушина; λ_i – максимальный угол открытия поперечных перегородок 2

а) кузов при выгрузке груза, вид справа; б) узел крепления поперечной перегородки;

Рисунок 2 - Усовершенствованный самосвальный кузов для транспортировки картофеля с поля [17, 18]



Рисунок 3 - Усовершенствованный самосвальный кузов тракторного прицепа 2 ПТС-4

Технический результат заключается в обеспечении равномерной выгрузки перевозимой продукции, что соответствует сокращению повреждаемости перевозимой продукции, которое достигается за счет наличия подвижных поперечных перегородок с возможностью фиксации их при открытии в индивидуальных положениях с постепенным снижением угла открытия, что обеспечивает равномерное уменьшение выгружаемого слоя перевозимой продукции до уровня,

характеризующегося снижением повреждений при экономически целесообразной производительности [18].

Выгрузка клубней из предложенного варианта усовершенствованного самосвального кузова транспортного средства производится в четыре этапа:

На первом этапе выгружается та часть груза, которая расположена у заднего борта до первой ближней к нему перегородки и та продукция, которая располагается выше осей этих перегородок;

На втором этапе через освободившееся пространство выгружается продукция, находящаяся во II секции грузовой платформы;

На третьем этапе через освободившееся пространство выгружается продукция, находящаяся в III секции грузовой платформы;

На заключительном четвертом этапе выгружается оставшаяся продукция, расположенная между дальней перегородкой и передним бортом грузовой платформы, тем самым, исключая явление сгуживания.

Перевозимые клубни в кузове укладываются навалом. Поэтому их можно рассматривать как зернистые тела распорной структуры, к которым применимы отдельные положения механики зернистых сред.

Клубни, ограниченные стенками кузова, можно рассматривать как зернистое тело при следующих предпосылках:

1. клубни, составляющие зернистое тело, обладают некоторой твердостью и способны передавать усилие от одного к другому;

2. варьирование размеров отдельных клубней относительно среднего размера носит случайный характер, позволяющий непрерывным образом изменить высоту слоя клубней;

3. клубни в кузове ТС размещаются независимым и случайным образом и распределяются по объему секций грузовой платформы статически равномерно со средней плотностью γ ;

4. размеры отдельного клубня значительно меньше объема кузова ТС.

Рассмотрим процесс высыпания клубней из кузова ТС на четырех этапах разгрузки. Схема процесса разгрузки представлена на рис. 4. Предположим, что величины перемещения клубней и их скорости будут зависеть от угла наклона грузовой платформы α_{zn} , углов открытия поперечных перегородок $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ и высот открывания поперечных перегородок h_{o1}, h_{o2} и h_{o3} кузова ТС.

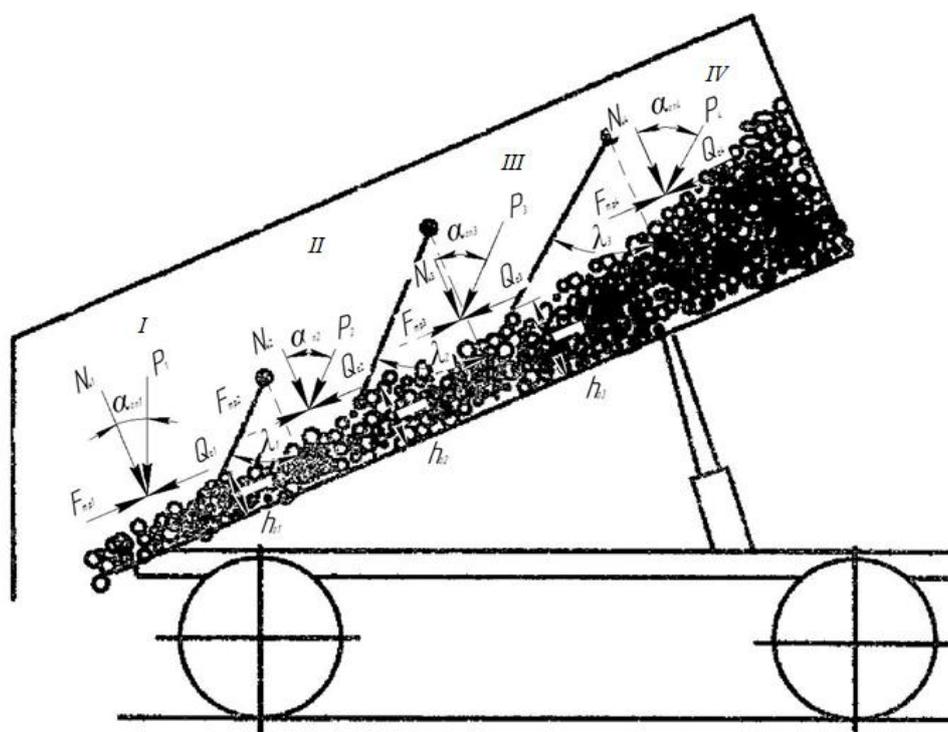


Рисунок 4 – Схема выгрузки клубней с помощью усовершенствованной конструкции самосвального кузова прицепа 2ПТС-4

Для определения угла наклона грузовой платформы рассмотрим состояние насыпи клубней в кузове при его наклоне на некоторые углы $\alpha_{zn1}, \alpha_{zn2}, \alpha_{zn3}$ и α_{zn4} .

Действие массы клубней, заключенной в объеме I секции (между задним бортом и ближней к нему поперечной перегородки), на плоскость

дна представляется силой равной весу $P_{к1}$ клубней, которую заменяем нормальным усилием $N_{н1}$ и силой сдвига $Q_{с1}$, причем

$$\begin{aligned} N_{н1} &= P_{к1} \cos \alpha_{2н1} \\ Q_{с1} &= P_{к1} \sin \alpha_{2н1} \end{aligned} \quad (1)$$

В связи с тем, что на первом этапе разгрузки выгружается еще часть продукции расположенной выше осей перегородок, то действительный вес клубней $P_{к1}$ должен определяться с учетом веса части клубней из второй P_2 , третьей P_3 и четвертой P_4 секций грузовой платформы ТС. Тогда $P_{к1}$ будет определяться следующим образом:

$$P_{к1} = P_1 + \frac{1}{3}P_2 + \frac{1}{4}P_3 + \frac{1}{5}P_4 \quad (2)$$

Если предположить, что поперечные перегородки разделяют кузов ТС на четыре равных (сдвоенных) секции, то окончательно выражение (2) примет следующий вид

$$P_{к1} = 1 \frac{47}{60} P_1 \approx 1,783 P_1 \quad (3)$$

Тогда выражения (1) запишутся с учетом формулы (3) в следующем виде

$$\begin{aligned} N_{н1} &= 1,783 P_1 \cos \alpha_{2н1} \\ Q_{с1} &= 1,783 P_1 \sin \alpha_{2н1} \end{aligned} \quad (4)$$

Действие массы клубней, заключенных в объемах II, III и IV секциях, на плоскость дна представляются силами равными весу $P_{к2}$, $P_{к3}$ и $P_{к4}$ клубней, которые заменяем нормальными усилиями $N_{н2}$, $N_{н3}$, $N_{н4}$ и силами сдвига $Q_{с2}$, $Q_{с3}$ и $Q_{с4}$ причем

$$\begin{aligned} N_{н2} &= P_{к2} \cos \alpha_{2н2} \\ Q_{с2} &= P_{к2} \sin \alpha_{2н2} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} N_{н3} &= P_{к3} \cos \alpha_{zn3} \\ Q_{c3} &= P_{к3} \sin \alpha_{zn3} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} N_{н4} &= P_{к4} \cos \alpha_{zn4} \\ Q_{c4} &= P_{к4} \sin \alpha_{zn4} \end{aligned} \quad (7)$$

С учетом того, что часть веса $P_{к2}$, $P_{к3}$ и $P_{к4}$ клубней была выгружена на первом этапе разгрузки кузова и с учетом ф-лы (2) выражения (5-7) примут следующий вид

$$\begin{aligned} N_{н2} &= \frac{2}{3} P_2 \cos \alpha_{zn2} = \frac{2}{3} P_1 \cos \alpha_{zn2} \\ Q_{c2} &= \frac{2}{3} P_2 \sin \alpha_{zn2} = \frac{2}{3} P_1 \sin \alpha_{zn2} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} N_{н3} &= \frac{3}{4} P_3 \cos \alpha_{zn3} = \frac{3}{4} P_1 \cos \alpha_{zn3} \\ Q_{c3} &= \frac{3}{4} P_3 \sin \alpha_{zn3} = \frac{3}{4} P_1 \sin \alpha_{zn3} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} N_{н4} &= \frac{4}{5} P_4 \cos \alpha_{zn4} = \frac{4}{5} P_1 \cos \alpha_{zn4} \\ Q_{c4} &= \frac{4}{5} P_4 \sin \alpha_{zn4} = \frac{4}{5} P_1 \sin \alpha_{zn4} \end{aligned} \quad (10)$$

Если предположить, что углы подъема грузовой платформы α_{zn2} , α_{zn3} и α_{zn4} будут равными предельным углам открытия λ_1 , λ_2 и λ_3 соответствующих поперечных перегородок, то выражения (8-10) примут следующий вид

$$\begin{aligned} N_{н2} &= \frac{2}{3} P_1 \cos \lambda_1 \\ Q_{c2} &= \frac{2}{3} P_1 \sin \lambda_1 \end{aligned} \quad (11)$$

$$N_{н3} = \frac{3}{4} P_1 \cos \lambda_2$$

$$Q_{с3} = \frac{3}{4} P_1 \sin \lambda_2 \quad (12)$$

$$N_{н4} = \frac{4}{5} P_1 \cos \lambda_3$$

$$Q_{с4} = \frac{4}{5} P_1 \sin \lambda_3 \quad (13)$$

При наличии в массе клубней внутреннего трения и возможности сползания появляются силы трения

$$F_{mp1} = f_1 \cdot N_{н1} = tg \varphi_1 \cdot N_{н1} \quad (14)$$

$$F_{mp2} = f_2 \cdot N_{н2} = tg \varphi_2 \cdot N_{н2} \quad (15)$$

$$F_{mp3} = f_3 \cdot N_{н3} = tg \varphi_3 \cdot N_{н3} \quad (16)$$

$$F_{mp4} = f_4 \cdot N_{н4} = tg \varphi_4 \cdot N_{н4} \quad (17)$$

где f_1, f_2, f_3 и f_4 – коэффициенты внутреннего трения клубней; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ – углы внутреннего трения.

Подставив значения $N_{н1}, N_{н2}, N_{н3}$ и $N_{н4}$ из ф-л (4) и (14-17) получим

$$F_{mp1} = tg \varphi_1 \cdot 1,783 \cdot P_1 \cos \alpha_{сн1} \quad (18)$$

$$F_{mp2} = tg \varphi_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot P_1 \cos \lambda_1 \quad (19)$$

$$F_{mp3} = tg \varphi_3 \cdot \frac{3}{4} \cdot P_1 \cos \lambda_2 \quad (20)$$

$$F_{mp4} = tg \varphi_4 \cdot \frac{4}{5} \cdot P_1 \cos \lambda_3 \quad (21)$$

Момент начала сдвига массы клубней должен соответствовать предельному равновесию, когда силы сдвига Q_{c1} , Q_{c2} , Q_{c3} и Q_{c4} равны силам трения, т.е.

$$Q_{c1} = F_{mp1}, Q_{c2} = F_{mp2}, Q_{c3} = F_{mp3} \text{ и } Q_{c4} = F_{mp4}$$

или

$$1,783P_1 \sin \alpha_{2n1} = tg \varphi_1 \cdot 1,783 \cdot P_1 \cos \alpha_{2n1} \quad (22)$$

$$\frac{2}{3}P_1 \sin \lambda_1 = tg \varphi_2 \cdot \frac{2}{3}P_1 \cos \lambda_1 \quad (23)$$

$$\frac{3}{4}P_1 \sin \lambda_2 = tg \varphi_3 \cdot \frac{3}{4}P_1 \cos \lambda_2 \quad (24)$$

$$\frac{4}{5}P_1 \sin \lambda_3 = tg \varphi_4 \cdot \frac{4}{5}P_1 \cos \lambda_3 \quad (25)$$

Разделив обе части равенств (22-25) на $1,783 \cdot P_1 \cos \alpha_{2n1}$, $\frac{2}{3}P_1 \cos \lambda_1$, $\frac{3}{4}P_1 \cos \lambda_2$ и $\frac{4}{5}P_1 \cos \lambda_3$ соответственно получим

$$tg \alpha_{2n1} = tg \varphi_1; \quad tg \lambda_1 = tg \varphi_2; \quad tg \lambda_2 = tg \varphi_3; \quad tg \lambda_3 = tg \varphi_4 \quad (26)$$

Следовательно, в предельном равновесии углы α_{2n1} , λ_1 , λ_2 и λ_3 отклонения равнодействующих сил по плоскости сползания равны углам внутреннего трения φ_1 , φ_2 , φ_3 и φ_4 соответственно.

Приведенные рассуждения характерны для случая, когда клубни обладали бы свойством абсолютно сыпучих тел. В действительности масса клубней характеризуется связностью, т.е. между клубнями имеет место эффект сцепления и сползание будет зависеть от коэффициента внутреннего сдвига, который больше f_i и определяется из выражения [20].

$$f_{cdi} = f_i + \frac{\tau_0}{\sigma}, \quad (27)$$

где τ_0 – начальное сопротивление сдвигу, кПа; σ – нормальное давление клубней, кПа.

В силу того, что $f_{cdi} > f_i$, а предельное равновесие по плоскости сползания будет иметь место при $tg\alpha_{2n1} = f_{cd1}$, $tg\lambda_1 = f_{cd2}$, $tg\lambda_2 = f_{cd3}$ и $tg\lambda_3 = f_{cd4}$ соответственно. Для того чтобы клубни при наклоне кузова не сползали, а выкатывались порциями по днищу кузова принимаем угол наклона кузова равным углу внутреннего трения клубней, т.к. предельные углы скатывания меньше углов внутреннего трения.

При определении предельных высот открывания поперечных перегородок h_{o1} , h_{o2} и h_{o3} кузова на II, III и IV этапах разгрузки следует учитывать:

1. Подачу при выгрузке;
2. Допустимую скорость перемещения клубней при открытии поперечных перегородок, м/с;
3. Явление сводообразования.

Допустимая скорость клубней (с точки зрения механических повреждений) при выходе их из II, III и IV секций регулируется тем, что подъем кузова осуществляется плавно и клубни не получают свободного движения.

Определим предельные высоты открывания поперечных перегородок h_{o1} , h_{o2} и h_{o3} кузова из условий отсутствия сводообразования. Для устранения сводообразования связных насыпных грузов, гидравлические радиусы выпускных отверстия R_1 , R_2 и R_3 должны превышать гидравлические радиусы наибольших сводообразующих отверстий R_{cvi} , последние определяются из выражения [20]:

$$R_{cvi} = \frac{\tau_o (1 - \sin \varphi_i)}{\gamma} \quad (28)$$

где γ – плотность клубней, кг/м³

Гидравлический радиус представляет отношение площади выпускного отверстия к его периметру

$$R_i = \frac{0,5h_{oi}L_{oi}}{h_{oi} + L_{oi}} \quad (29)$$

где h_{oi} и L_{oi} – соответственно высоты и длины выпускных отверстий, м.

По выражениям (28) и (29) находятся высоты выгрузных окон. Начальное сопротивление сдвигу массы клубней нами определено экспериментально.

Определим конечные скорости движения клубней, из уравнения живых сил при предельной скорости движения клубней $V_{nc}=2,0$ м/с [21], причем $V_{ki} \leq V_{nc}$

$$\frac{1}{2} m_k (V_{k1}^2 - V_n^2) = m_k g l_1 \sin \lambda_1 - f_{mp.k} m_k g l_1 \quad (30)$$

$$\frac{1}{2} m_k (V_{k2}^2 - V_n^2) = m_k g (l_1 + l_2) \sin \lambda_2 - f_{mp.k} m_k g (l_1 + l_2) \quad (31)$$

$$\frac{1}{2} m_k (V_{k3}^2 - V_n^2) = m_k g (l_1 + l_2 + l_3) \sin \lambda_3 - f_{mp.k} m_k g (l_1 + l_2 + l_3) \quad (32)$$

где m_k – масса одного клубня, кг; V_n – начальная скорость движения клубней, м/с ($V_n=0$ м/с); g – ускорение свободного падения, м/с²; $f_{mp.k}$ – коэффициент трения качения по диаметру клубня ($f_{mp.k}=0,08\dots0,18$ [21]); l_1, l_2, l_3 – длины скатных участков секций II – IV, м.

Исходя из того, что поперечные перегородки разделяют кузов на четыре сдвоенных равных секции, то $l_1=l_2=l_3$ и тогда выражения (30-32) примут следующий вид

$$\frac{1}{2} m_k V_{k1}^2 = m_k g l_1 \sin \lambda_1 - f_{mp.k} m_k g l_1 \quad (33)$$

$$\frac{1}{2} m_k V_{k2}^2 = 2m_k g l_1 \sin \lambda_2 - 2f_{mp.k} m_k g l_1 \quad (34)$$

$$\frac{1}{2} m_k V_{k3}^2 = 3m_k gl_1 \sin \lambda_3 - 3f_{mp.k} m_k gl_1 \quad (35)$$

После преобразования выражений (33-35) получим:

$$V_{k1} = \sqrt{2gl_1(\sin \alpha_{enl} - f_{mp.k})} \quad (36)$$

$$V_{k2} = \sqrt{4gl_1(\sin \lambda_1 - f_{mp.k})} \quad (37)$$

$$V_{k3} = \sqrt{6gl_1(\sin \lambda_2 - f_{mp.k})} \quad (38)$$

Из анализа процесса выгрузки, нами получены выражения для определения рациональных параметров усовершенствованного самосвального кузова УТС. Появляется возможность регулирования подачи картофельного вороха за счет поочередного открывания поперечных перегородок и исключается явление сводообразования, что позволяет получить более качественную товарную продукцию на выходе.

Литература

1. Рембалович, Г.К. Повышение надежности технологического процесса и технических средств машинной уборки картофеля по параметрам качества продукции [Текст] / Г. К. Рембалович [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2012. - №3. – С. 6 – 8.
2. Повышение эксплуатационно-технологических показателей транспортной и специальной техники на уборке картофеля / Г.К. Рембалович, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 509 – 518. – IDA [article ID]: 0881304034. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/34.pdf>, 0,625 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346
3. Успенский, И. А. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах / И.А. Успенский, И.А. Юхин, С.В. Колупаев, К.А. Жуков // Техника и оборудование для села. – 2013. - №12. – С. 12 – 15.
4. Аникин, Н. В. Устройство для снижения колебаний грузовой платформы / Н. В. Аникин, С. В. Колупаев, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Сельский механизатор. – 2009. - №8. – С. 31.
5. Юхин, И.А. Устройство для сохранения прямолинейности движения транспортного средства / Н.В. Аникин, Г.Д. Кокорев, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Нива Поволжья, №2 (15) – Май 2010, С.48-50
6. Булатов, Е.П. Особенности перевозки сельскохозяйственной продукции в кузове автотранспортных средств / Е.П. Булатов, Г.Д. Кокорев, Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Часть 2. Материалы VI международной научно-практической конференции. г.

Пенза . 18-20 мая 2010 года, с. 22-27.

7. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И.А. Успенский, И.А. Юхин, Д.С. Рябчиков и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07(101). С. 2062 – 2077. – IDA [article ID]: 1011407136. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/136.pdf>, 1 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

8. Успенский, И.А. Основы совершенствования технологического процесса и снижения энергозатрат картофелеуборочных машин / И.А. Успенский. Дис. ...докт. техн. наук. – Москва: НИИ сельскохозяйственного машиностроения имени В.П. Горячкина, 1996.- 396 с.

9. Пат 47312 РФ, МПК51 В 62 D 33/10. Подвеска кузова транспортного средства / Аникин Н.В., Чекмарев В.Н., Борячев С.Н., Успенский И.А., Бышов Н.В., Рябчиков Д.С. (RU); заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. П.А.Костычева - № 2005100671/22; заявл. 11.01.2005; опубл. 27.08.2005, бюл. № 24. – 2 с. : ил.

10. Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта и мобильной сельскохозяйственной техники при внутривозвратных перевозках / Н.В. Бышов, С.Н. Борячев, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 519 – 529. – IDA [article ID]: 0881304035. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/35.pdf>, 0,688 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

11. Туболев, С.С. Высокопроизводительный комплект для уборки картофеля / С.С. Туболев, Н.Н. Колчин, К.А. Пшеченков, С.Б. Прямов, В.Н. Сидоров // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 10. С. 11-16

12. Туболев, С.С. Вопросы развития отечественного сельхозмашиностроения /С.С. Туболев, Н.Н. Колчин // Тракторы и сельхозмашины - 2014. - №7. – С. 3-5.

13. Бышов, Н.В. Основные требования к техническому уровню тракторов, транспортных средств и прицепов на долгосрочную перспективу / Н.В. Бышов, С.Н. Борячев, И. А. Успенский, И.А. Юхин, Н.В. Аникин, С.В. Колупаев, К.А. Жуков / Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: доклады Международной научно-практической конференции 21 – 22 марта 2013г. – Минск : Изд-во БГАТУ, 2013. – с. 200-202

14. Успенский, И.А. Некоторые вопросы организации транспортных работ при машинной уборке картофеля / И. А. Успенский, Г.К. Рембалович, Г.Д. Кокорев, И.А. Юхин и др. // Вестник РГАТУ. – 2010. - №4. – С. 72 – 74.

15. Бышов, Н.В. Зарубежные транспортные средства для современного сельскохозяйственного производства / Н. В. Бышов, Н.Н. Колчин, И.А. Успенский, И.А. Юхин и др. // Вестник ФГБОУ ВПО РГАТУ. – 2012. - №4. – С. 84 – 87.

16. Пат 105233 РФ, МПК51 В 60 Р 1/28 Самосвальная кузов транспортного средства для перевозки легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции / Успенский И.А., Булатов Е.П., Рембалович Г.К., Кокорев Г.Д., Юхин И.А. (RU), заявитель и патентообладатель федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева - № 2010119314; заявл. 13.05.2010; опубл. 10.06.2011, бюл. № 16. – 2 с. : ил.

17. Рембалович, Г.К. Инновационные решения уборочно-транспортных технологических процессов и технических средств в растениеводстве / Г. К. Рембалович, Н. В. Бышов, С. Н. Борячев, И. А. Успенский, Н. А. Рязанов, Р. В.

Безносюк, Е. П. Булатов / Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства. Материалы Международной научно-технической конференции: Сборник научных трудов ГНУ ВИМ Россельхозакадемии – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2011. – Том 2. - с. 455 – 460

18. Успенский И.А. Перспективные устройства для повышения сохранности плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / И.А. Успенский, И.А. Юхин, К.А. Жуков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №01(095). С. 1104 – 1114. – IDA [article ID]: 0951401064. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/64.pdf>, 0,688 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346

19. Пат 81152 РФ, МПК51 В 62 D 37/00 Устройство для стабилизации положения транспортного средства / Минякин С. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Аникин Н. В., Гречихин С. Ю., Рембалович Г. К. (RU); заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического и материально-технического обеспечения сельского хозяйства. - № 2008139805; заявл. 07.10.2008; опубл. 10.03.2009, бюл. № 7. – 2 с. : ил.

20. Зенков, Р.Л. Бункерные устройства / Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневиц, В.С. Исаев – М.: Машиностроение, 1977. – 292 с.

21. Бышов, Н.В. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин / Н.В. Бышов, А.А. Сорокин, И.А. Успенский [и др.] // учебное пособие. - Рязань, РГАТУ, 2005. – 284 с.

References

1. Rembalovich, G.K. Povyshenie nadezhnosti tekhnologicheskogo processa i tekhnicheskikh sredstv mashinnoj uborki kartofelya po parametram kachestva produkcii [Tekst] / G. K. Rembalovich [i dr.] // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2012. - №3. – S. 6 – 8.

2. Povyshenie ehkspluatacionno-tekhnologicheskikh pokazatelej transportnoj i special'noj tekhniki na uborke kartofelya / G.K. Rembalovich, N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. YUhin i dr. // Politematicheskij setevoy ehlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [EHlektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №04(088). S. 509 – 518. – IDA [article ID]: 0881304034. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/34.pdf>, 0,625 у.п.л., импакт-фактор RINC=0,346

3. Uspenskij, I. A. Algoritm sohraneniya kachestva plodoovoshchnoj produkcii pri uborochno-transportnyh rabotah / I.A. Uspenskij, I.A. YUhin, S.V. Kolupaev, K.A. Zhukov // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2013. - №12. – S. 12 – 15.

4. Anikin, N. V. Ustrojstvo dlya snizheniya kolebanij gruzovoj platformy / N. V. Anikin, S. V. Kolupaev, I. A. Uspenskij, I. A. YUhin // Sel'skij mekhanizator. – 2009. - №8. – S. 31.

5. YUhin, I.A. Ustrojstvo dlya sohraneniya pryamolinejnosti dvizheniya transportnogo sredstva / N.V. Anikin, G.D. Kokorev, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin // Niva Povolzh'ya, №2 (15) – Maj 2010, S.48-50

6. Bulatov, E.P. Osobennosti perevozki sel'skohozyajstvennoj produkcii v kuzove avtotransportnyh sredstv / E.P. Bulatov, G.D. Kokorev, G.K. Rembalovich, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin i dr. // Problemy kachestva i ehkspluatscii avtotransportnyh sredstv. SHas't' 2. Materialy VI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. g. Penza . 18-20 maya

2010 goda, s. 22-27.

7. Tendencii perspektivnogo razvitiya sel'skohozyajstvennogo transporta / I.A. Uspenskij, I.A. YUhin, D.S. Ryabchikov i dr. // Politematicheskij setевой ehlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [EHlektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №07(101). S. 2062 – 2077. – IDA [article ID]: 1011407136. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/136.pdf>, 1 u.p.l., impakt-faktor RINC=0,346

8. Uspenskij, I.A. Osnovy sovershenstvovaniya tekhnologicheskogo processa i snizheniya ehnergozatrata kartofeleuborochnyh mashin / I.A. Uspenskij. Dis. ...dokt. .tekh. nauk. – Moskva: NII sel'skohozyajstvennogo mashinostroeniya imeni V.P. Goryachkina, 1996.- 396 s.

9. Pat 47312 RF, MPK51 B 62 D 33/10. Podveska kuzova transportnogo sredstva / Anikin N.V., CHEkmarev V.N., Borychev S.N., Uspenskij I.A., Byshov N.V., Ryabchikov D.S. (RU); zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO Ryazanskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya im. prof. P.A.Kostycheva - № 2005100671/22; zayavl. 11.01.2005; opubl. 27.08.2005, byul. № 24. – 2 s. : il.

10. Povyshenie ehffektivnosti ehkspluatacii avtotransporta i mobil'noj sel'skohozyajstvennoj tekhniki pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin i dr. // Politematicheskij setевой ehlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [EHlektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №04(088). S. 519 – 529. – IDA [article ID]: 0881304035. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/35.pdf>, 0,688 u.p.l., impakt-faktor RINC=0,346

11. Tubolev, S.S. Vysokoproizvoditel'nyj komplekt dlya uborki kartofelya / S.S. Tubolev, N.N. Kolchin, K.A. Pshechenkov, S.B. Pryamov, V.N. Sidorov // Traktory i sel'hozmashiny. 2010. № 10. S. 11-16

12. Tubolev, S.S. Voprosy razvitiya otechestvennogo sel'hozmashinostroeniya /S.S. Tubolev, N.N. Kolchin // Traktory i sel'hozmashiny - 2014. - №7. – S. 3-5.

13. Byshov, N.V. Osnovnye trebovaniya k tekhnicheskomu urovnyu traktorov, transportnyh sredstv i pricepov na dolgosrochnuyu perspektivu / N.V. Byshov, S.N. Borychev, I. A. Uspenskij, I.A. YUhin, N.V. Anikin, S.V. Kolupaev, K.A. ZHukov / Pererabotka i upravlenie kachestvom sel'skohozyajstvennoj produkcii: doklady Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 21 – 22 marta 2013g. – Minsk : Izd-vo BGATU, 2013. – s. 200-202

14. Uspenskij, I.A. Nekotorye voprosy organizacii transportnyh rabot pri mashinnoj uborke kartofelya / I. A. Uspenskij, G.K. Rembalovich, G.D. Kokorev, I.A. YUhin i dr. // Vestnik RGATU. – 2010. - №4. – S. 72 – 74.

15. Byshov, N.V. Zarubezhnye transportnye sredstva dlya sovremennogo sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / N. V. Byshov, N.N. Kolchin, I.A. Uspenskij, I.A. YUhin i dr. // Vestnik FGBOU VPO RGATU. – 2012. - №4. – S. 84 – 87.

16. Pat 105233 RF, MPK51 B 60 R 1/28 Samosval'nyj kuzov transportnogo sredstva dlya perevozki legkopovrezhdaemoj sel'skohozyajstvennoj produkcii / Uspenskij I.A., Bulatov E.P., Rembalovich G.K., Kokorev G.D., YUhin I.A. (RU), zayavitel' i patentoobladatel' federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva - № 2010119314; zayavl. 13.05.2010; opubl. 10.06.2011, byul. № 16. – 2 s. : il.

17. Rembalovich, G.K. Innovacionnye resheniya uborochno-transportnyh tekhnologicheskikh processov i tekhnicheskikh sredstv v rastenievodstve / G. K. Rembalovich, N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij, N. A. Ryazanov, R. V. Beznosyuk, E. P.

Bulatov / Innovacionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizacii sel'skogo hozyajstva. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii: Sbornik nauchnyh trudov GNU VIM Rossel'hoz akademii – M.: GNU VIM Rossel'hoz akademii, 2011. – Tom 2. - s. 455 – 460

18. Uspenskij I.A. Perspektivnye ustrojstva dlya povysheniya sohrannosti plodoovoshchnoj produkcii pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah / I.A. Uspenskij, I.A. YUhin, K.A. ZHukov // Politematicheskij setevoy ehlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [EHlektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №01(095). S. 1104 – 1114. – IDA [article ID]: 0951401064. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/64.pdf>, 0,688 u.p.l., impakt-faktor RINC=0,346

19. Pat 81152 RF, MPK51 B 62 D 37/00 Ustrojstvo dlya stabilizacii polozeniya transportnogo sredstva / Minyakin S. V., Uspenskij I. A., YUhin I. A., Anikin N. V., Grechihin S. YU., Rembalovich G. K. (RU); zayavitel' i patentoobladatel' Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii agrohimičeskogo i material'no-tekhnicheskogo obespecheniya sel'skogo hozyajstva. - № 2008139805; zayavl. 07.10.2008; opubl. 10.03.2009, byul. № 7. – 2 s. : il.

20. Zenkov, R.L. Bunkernye ustrojstva / R.L. Zenkov, G.P. Grinevich, V.S. Isaev – M.: Mashinostroenie, 1977. – 292 s.

21. Byshov, N.V. Principy i metody rascheta i proektirovaniya rabochih organov kartofeleuborochnyh mashin / N.V. Byshov, A.A. Sorokin, I.A. Uspenskij [i dr.] // uchebnoe posobie. - Ryazan', RGATU, 2005. – 284 s.