

УДК 631.354

UDC 631.354

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Processes and machines of Agroengineering systems

**СПОСОБ И СРЕДСТВА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОЧЕСОМ С РАЗДЕЛЕНИЕМ ВОРОХА НА СТАЦИОНАРЕ**

**METHOD AND MEANS FOR HARVESTING GRAIN CROPS BY STRIPPING WITH THE DIVISION OF THE HEAP IN THE STATIONARY**

Бурьянов Алексей Иванович  
д.т.н., профессор

Buryanov Aleksey Ivanovich  
Dr.Sci.Tech., professor

Зайцев Сергей Геннадиевич

Zaitsev Sergey Gennadievich

Червяков Иван Владимирович  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской»» структурное подразделение СКНИИМЭСХ, Россия*

Chervyakov Ivan Vladimirovich  
*Federal State Budget Scientific Institution «Agrarian Science Center «Donskoy» structural subdivision SKNIMESH, Russia*

В статье предложены методы проектирования технологии уборки озимой пшеницы очесом с разделением вороха на стационаре путем оптимизации составов уборочно-транспортных звеньев при ее реализации в различных условиях

We have presented methods of designing technologies of winter wheat harvesting by stripping with pile dividing stationary with optimization of harvesting–transport complexes in various conditions

Ключевые слова: УБОРКА, ОЧЕС, ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ, ПОЛЕВЫЕ УБОРОЧНЫЕ МАШИНЫ, ЗЕРНОПОЛОВИСТЫЙ ВОРОХ, ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, СТАЦИОНАРНЫЙ РАЗДЕЛИТЕЛЬ ВОРОХА, МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВОВ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ЗВЕНЬЕВ

Keywords: HARVESTING, STRIPPING, GRAIN CULTURES, FIELD HARVESTING MACHINES, GRAIN–CHAFF–PILE, TRANSPORT, STATIONARY DIVIDER OF PILE, METHODS OF SUBSTANTIATION OF HARVESTING-TRANSPORT COMPLEXES

**Doi: 10.21515/1990-4665-140-001**

## **Введение**

В связи с необходимостью решения задачи по обеспечению населения страны мясными и молочными продуктами остро встает проблема восстановления поголовья КРС и создания для него мощной кормовой базы. Специфика этой отрасли животноводства заключается в том, что для обеспечения высокой продуктивности как мясного, так и молочного поголовья необходимо производить, как концентрированные, так и грубые и сочные корма, такие как силос, сенаж и сено. В постсоветский период в связи с резким сокращением поголовья скота, площадь пашни, занимаемая под культурами, возделываемыми для производства грубых и сочных кормов, резко сократилась, и на ней стали производить зерновые культуры, преимущественно озимую пшеницу. В

результате производство зерна увеличилось в таких объемах, что обеспечило выход нашей стране на мировой рынок и занять на нем одно из ведущих мест. Чтобы не потерять достигнутых успехов в производстве зерна, нужно искать пути производства грубых кормов, при внедрении которых сохранялся бы достигнутый уровень производства товарного зерна.

Одним из способов решения поставленной проблемы является использование в качестве грубого корма для КРС, побочного продукта производства зерна, полова. Полова, получаемая при уборке озимой пшеницы по традиционной технологии, не смотря на наличие в ней крупных и мелких солоmistых частиц, полученных в результате перетирания стеблей растений в молотильном устройстве, по питательной ценности соответствует селу среднего качества. В полове, получаемой при уборке озимой пшеницы очесом, содержится значительно меньше измельченных фрагментов стеблей растений, что существенно повышает ее питательные свойства. Однако для получения полова такого качества необходимы соответствующая технология и технические средства ее реализации.

### **Состояние исследований и актуальность работы**

Технология уборки зерновых культур с получением вороха и разделением его на стационаре зерно и полову впервые предложена Канадской фирмой «Меклеод Харвест» [4]. Технология включает скашивание хлебостоя растений, или подбор валков полевой уборочной машиной с предварительным их обмолотом и выделением из массы соломы, которую разбрасывают по полю, а остальной невяный ворох накапливают в бункере полевой уборочной машины, выгружают в автомобиль и перевозят на стационар. Здесь невяный ворох на специальной машине разделяется на товарное зерно и кормовую часть,

которая укладывается в бурты для последующего хранения и скармливания животным.

В ФГБНУ СКНИИМЭСХ предложен способ уборки зерновых культур очесом с разделением вороха на стационаре [5;1]. Для его реализации предложено создать полевую уборочную машину, включающую очесывающую жатку, смонтированную в едином блоке с домолачивающим устройством роторного типа и пневмотранспортером. При уборке очесом полевая уборочная машина с очесывающей жаткой шириной захвата от 5 до 7м. может работать на скорости 8-12 км/ч., выдавая за час основного времени от 24 до 60 т/ч. зернополовистого вороха. Машина может навешиваться на энергосредство (трактор), или выполнена в прицепном варианте. Уборочный агрегат малой пропускной способности снабжают прицепной емкостью. Такие агрегаты найдут применение в мелких фермерских хозяйствах. Высокопроизводительные уборочные машины не имеют бункера, так как при их пропускной способности выше 10кг/с. убираемый материал целесообразно накапливать в рядом движущемся транспортном средстве. Компоновочные схемы полевых уборочных агрегатов приведены на рисунках 1 и 2.

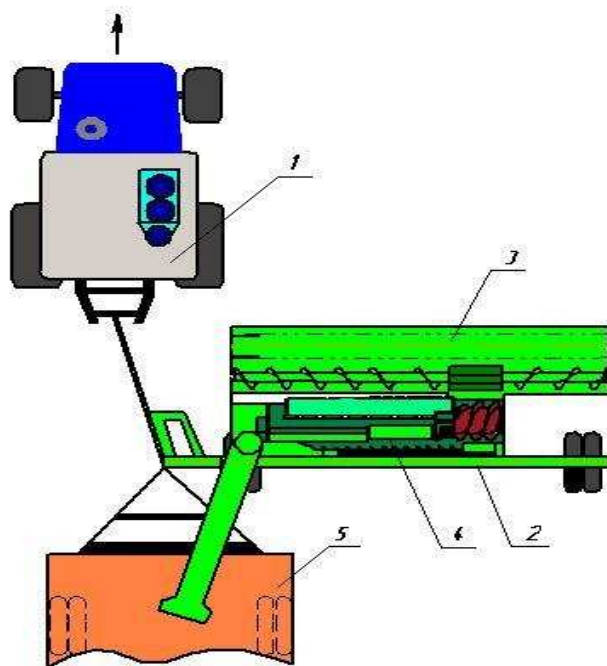


Рисунок 1 – Полевой уборочный агрегат с прицепной емкостью для сбора вороха.

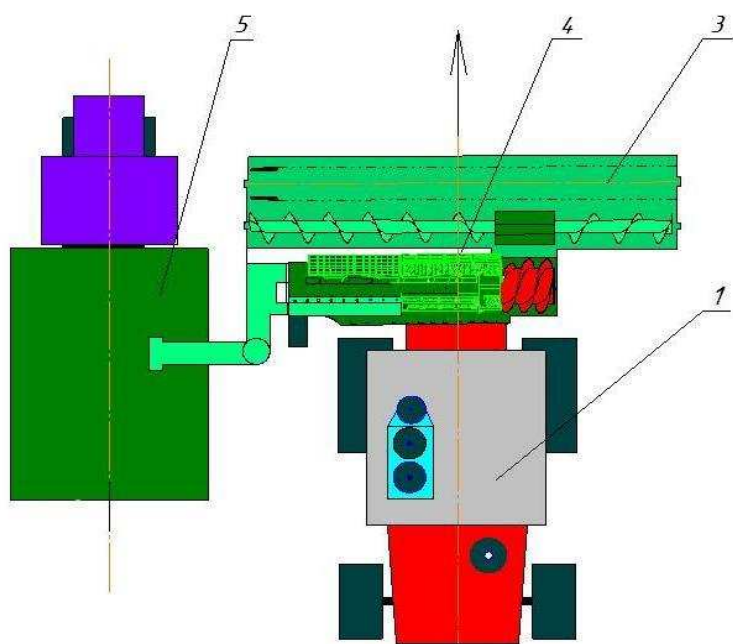


Рисунок 2 – Уборочный агрегат с прямоточной загрузкой вороха в движущееся рядом транспортное средство, навешиваемый на мобильное энергосредство

Применение домолачивающего устройства роторного типа позволяет выделить мелко и крупносоломистые фрагменты стеблей и тем самым не только улучшить качество половы в ворохе, но и увеличить его объемную массу до 220-240 кг/м<sup>3</sup>. При такой плотности материала, его можно перевозить в транспортных средствах, используемых для транспортировки сенажной массы, обеспечив соответствующим образом герметичность их кузовов. Выполненные исследования и анализ результатов применения в условиях производства очесывающих жаток, в том числе и изготовленных на экспериментальном предприятии института, на уборке зерновых культур очесом, а также материалы, представленные в работе [3;6], позволили спрогнозировать параметры уборочных машин, транспортных средств и стационарного разделителя вороха. Цель настоящей работы, разработка методов, позволяющих определить состав уборочно-транспортной линии для оперативного принятия решения при реализации технологии уборки зерновых культур со сбором невеяного вороха и его разделением на стационаре, учитывающих:

- случайный характер уборочно-транспортного процесса;
- несовпадение средних значений производительностей уборочного и транспортного звеньев;
- достоинства и недостатки групповой и одиночной работы полевых машин.

Решению перечисленных вопросов посвящена настоящая статья.

### **Постановка и решение задачи**

На рисунке 3 представлена схема технологии уборки зерновых культур очесом с разделением вороха на стационаре, разработанная в соответствии с технико-технологическими решениями, предложенными в ФГБНУ СКНИИМЭСХ [5].



Рисунок 3 – Схема технологии уборки зерновых культур очесом с разделением вороха на стационаре

Для определения рациональных составов уборочно-транспортных звеньев, выполняющих весь перечень операций по предложенной технологии, необходимо иметь информацию о производительности машин за час сменного времени. При этом необходимо учитывать специфику предлагаемой технологии, не предусматривающей значительное накопление материала на стационарном пункте. Весь поступающий с поля на стационар ворох должен быть обмолочен, поэтому производительность всех трех звеньев поточной линии должна быть равной и обеспечивать выполнение уборки в заданный агросрок. Как было отмечено выше, информация о производительности машин за час основного времени на этапе разработки методики составлена по аналогии с их характеристиками, полученными при выполнении операций в одинаковых условиях. Для определения коэффициента использования времени смены необходимо уметь вычислять коэффициент использования технологического времени, так как именно непостоянство продолжительности выполняемых машинами операций, вызванное целым рядом случайных факторов, и, несовпадение средних значений их производительностей, возможность

выбора только целочисленного сочетания машин уборочных и транспортных звеньев оказывают существенное влияние на его величину. Остальные элементы времени, такие как, время на отдых механизаторов, их обед и др., нормируют, а при наличии помощника машиниста они отсутствуют. Специфика взаимообусловленных простоев машин при фиксированной их производительности заключается в том, что при увеличении количества полевых машин и сохранении постоянным, количества транспортных средств, простои первых возрастают, а вторых снижаются, и наоборот увеличение количества транспортных средств при фиксированном количестве полевых машин, вызывает рост простоев первых и их снижение, вторых. Очевидно для обоснованного выбора состава машин уборочных и транспортных звеньев, необходимо определить коэффициенты их простоев при различном количественном составе, на основе полученных данных вычислить их сменные производительности и выбрать их рациональное соотношение при выполнении всего объема работ на убираемом поле, по каждому варианту комплектации уборочного и транспортного звеньев. Так как количество уборочных агрегатов и транспортных средств, в каждом конкретном СХП ограничено, то наиболее приемлемым будет вариант комплектации, с минимальным числом машин, обеспечивающий выполнение работ в агротехнический срок.

Известно, что работа уборочно-транспортной линии, в которой полевые уборочные машины не имеют бункеров для накопления убираемого материала, а передают его в движущееся рядом транспортное средство, может рассматриваться как система массового обслуживания замкнутого типа[2]. При этом математический аппарат для одноканальной и многоканальной СМО различный. Вычисления, необходимые для определения взаимообусловленных простоев машин уборочного и транспортного звеньев достаточно громоздки, а с учетом необходимых

вычислений вручную при их различном сочетании по каждому варианту становятся неприемлемыми для оперативного управления работой групп и комплексов.

Для автоматизации вычислений при поиске оптимальных составов уборочно-транспортных групп разработаны алгоритмы и программы вычисления коэффициентов простоев машин при уборке зерновых культур на примере озимой пшеницы, реализованные в Visual Basic 7.0 (VBA в MS Excel) [7]. Укрупненная блок-схема алгоритма определения взаимообусловленных простоев уборочных и транспортных средств, их сменной производительности, при различном количественном составе и условиях эксплуатации приведена на рисунке 4.





Рисунок 4 – Укрупненная блок-схема алгоритма определения взаимообусловленных простоев и сменной производительности уборочных и транспортных средств, при их различном количественном составе и условиях эксплуатации.

Логику выполняемых действий рассмотрим на примере уборки озимой пшеницы урожайностью 4т/га., убираемой каждым агрегатом в отдельности и при групповой работе. Уборку осуществляют прицепные уборочные агрегаты шириной захвата 5 м., снабженные роторным молотильным аппаратом. Их агрегируют с трактором МТЗ 1021. Производительность агрегата за 24 т/ч. основного времени. На перевозке очесанного вороха применяют автомобили, имеющиеся в хозяйстве, КАМАЗ 45143-12-05 со специальным оборудованием для перевозки легковесных грузов, обеспечивающим его загрузку ворохом до 7,2 т. В период уборки зерновых культур обычно выполняют ряд работ, совпадающих по агросрокам, при проведении которых применяют как тракторные агрегаты различного назначения, так и транспортные средства. Пиковая потребность в последних формируется на уборке зерновых культур. После проведения уборочных работ около половины подвижного состава не используется, что создает проблемы эффективности капитальных вложений, а также занятости водителей в течение календарного года. В тоже время растягивание продолжительности проведения уборочных работ приводит к существенным потерям урожая. Однако технические характеристики уборочных машин и транспортных средств, определяющие их показатели работы за час основного времени, складывающаяся ситуация по условиям работы уборочно-транспортных звеньев таких как изменение урожайности убираемого массива, расстояние от поля до стационарного пункта, не всегда обеспечивают получение необходимого преимущества.

Ниже в таблице 1 приведены численные значения коэффициентов простоев транспортных, уборочных агрегатов, их сменной производительности, при одиночной и групповой работе полевых уборочных агрегатов от количества транспортных средств в уборочном звене.

Таблица 1 – ИЗМЕНЕНИЕ СМЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УБОРОЧНОГО АГРЕГАТА ОТ КОЛИЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ПРИ ОДИНОЧНОЙ И ГРУППОВОЙ РАБОТЕ ПОЛЕВЫХ УБОРОЧНЫХ АГРЕГАТОВ.

Уборка оз. пшеницы при различных вариантах групповой работы уборочных агрегатов										
Кол-во машин на линии	Одиночная работа		Сменная производительность		Две уборочные машины в группе		Сменная производительность		Три уборочных машины в группе	
	Коэффициенты простоев		Сменная производительность		Коэффициенты простоев		Сменная производительность		Коэффициенты простоев	
	Уборочн. агр.	т. с.			Уборочн. агр.	т. с.			Уборочн. агр.	т. с.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,450	0	13,2	0,720	0	6,72	0,810	0	4,56	
2	0,151	0,236	20,3	0,444	0	13,343	0,630	0	8,88	
3	<b>0,034</b>	<b>0,420</b>	<b>23,184</b>	0,232	0,079	18,432	0,444	0	13,344	
4	0,011	0,555	23,736	0,102	0,192	21,552	0,282	0,031	17,232	
5	0,005	0,642	23,88	<b>0,037</b>	<b>0,307</b>	<b>23,112</b>	0,158	0,091	20,208	
6	0,002	0,701	23,952	0,011	0,407	23,736	0,078	0,170	22,128	
7	0,001	0,743	23,976	0,003	0,487	23,928	<b>0,033</b>	<b>0,254</b>	<b>23,208</b>	
8	0,001	0,775	23,983	0,001	0,550	23,976	0,012	0,333	23,712	

Как видно из таблицы, сменная производительность агрегата, при его одиночной работе достигает значения 23,184 т/ч., близкого к максимальному, при обслуживании его транспортным звеном из трех автомобилей. При работе в уборочной группе двух уборочных агрегатов производительность каждого уборочного агрегата равная 23,112 т/ч., достигается уже при обслуживании пятью транспортными средствами, а при трех агрегатах для достижения практически такой же производительности каждого, равной 23,208т/ч., необходимо всего лишь семь транспортных средств. Более наглядно это можно представить на графической зависимости (рисунок 5).

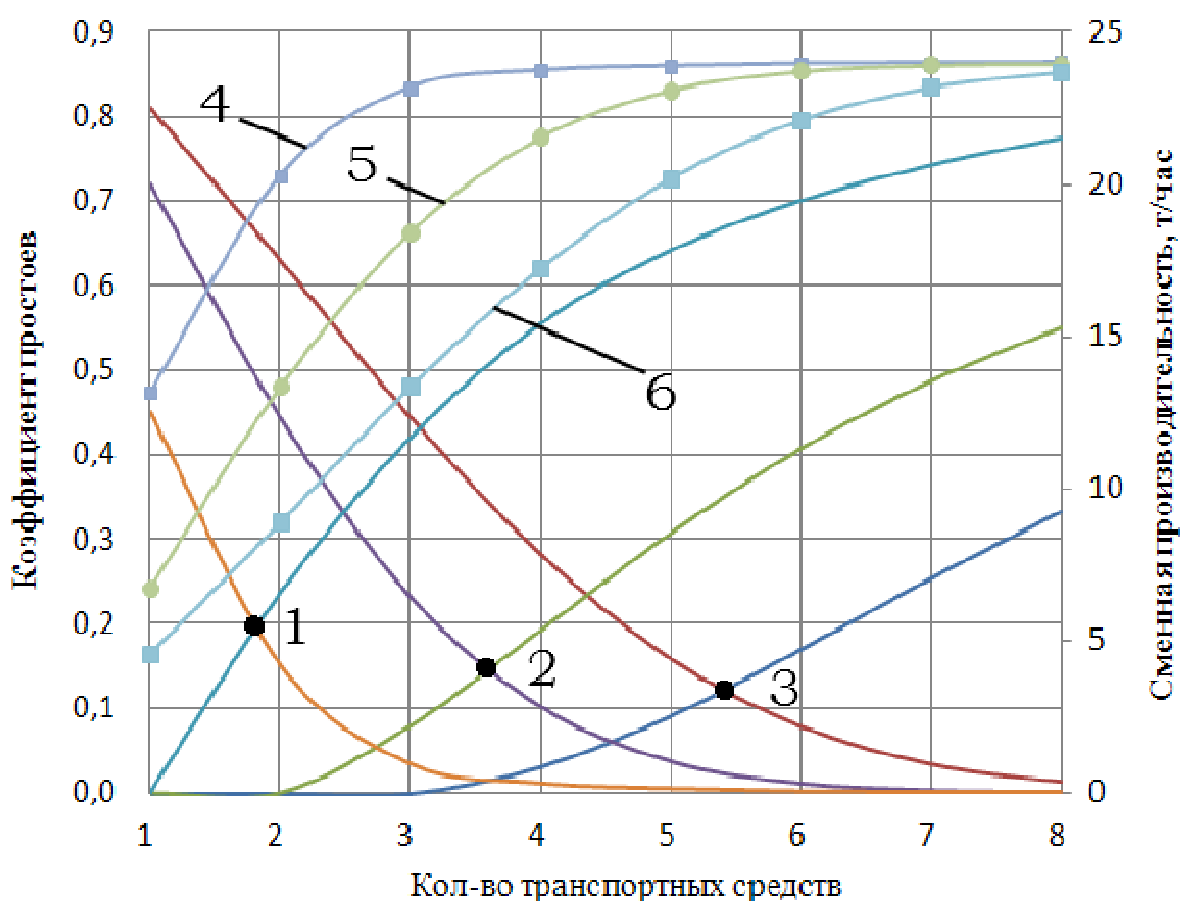


Рисунок 5 – Зависимость коэффициентов простоев транспортных средств, уборочных агрегатов и их сменной

производительности при уборке озимой пшеницы по предлагаемой технологии при одиночной и групповой работе уборочных агрегатов от количества обслуживающих их транспортных средств. 1 – коэффициенты простоев транспортных средств и уборочных агрегатов при их одиночной работе; 2 – коэффициенты простоев транспортных средств и уборочных агрегатов при двух агрегатах в уборочном звене; 3 – коэффициенты простоев уборочных агрегатов и транспортных средств при трех уборочных агрегатах в уборочном звене; сменная производительность одного уборочного агрегата тонн: 4 – работающего по одиночной схеме; 5 – при двух уборочных агрегатах в звене; 6 – при трех уборочных агрегатах в звене.

Из таблицы и графика видно, что при одиночной работе уборочного агрегата и увеличении количества обслуживающих его автомобилей от одного до восьми единиц интенсивное его изменение сменной производительности достигается в интервале количества автомобилей от одного до трех. При увеличении количества уборочных агрегатов в группе до трех, прирост производительности каждого из них с ростом количества обслуживающих автомобилей, происходит более плавно. Из этого следует, что при групповой работе уборочных агрегатов степень несогласованности уборочного и транспортного звеньев снижается. При рассмотренных в примере условиях, для обеспечения равной производительности уборочных агрегатов их работа в уборочном звене в количестве двух и трех единиц в сравнении с одиночной работой, обеспечивает снижение потребности в транспортных средствах на 17% и 22,2% соответственно.

При увеличении количества уборочных агрегатов, работающих в одной группе от одного до двух и трех (точки 1; 2;3 на рисунке 5)

взаимообусловленные простои уборочных и транспортных машин снижаются с 20% до 14 и 11,5% соответственно.

### **Выводы.**

Применение предложенного метода, разработанных алгоритмы и программы вычисления коэффициентов простоев машин и расчета сменной производительности уборочных агрегатов при заданном количестве обслуживающих их транспортных средств, позволяет выполнять оценку принятия решения при оперативном планировании и управлении составом уборочно-транспортных групп при реализации технологии уборки зерновых культур со сбором невеяного вороха и его разделением на стационаре, учитывающих:

- случайный характер уборочно-транспортного процесса;
- несовпадение средних значений производительностей уборочного и транспортного звеньев;
- достоинства и недостатки групповой и одиночной работы полевых машин.

При реализации метода и программ для определения рациональных составов уборочно-транспортных групп, сформированных из машин конкретных марок, на уборке озимой пшеницы в конкретных условиях по технологии со сбором невеяного вороха и его разделении на стационаре, показано, что работа уборочных агрегатов в уборочном звене в количестве двух и трех единиц, в сравнении с их одиночной работой, обеспечивает снижение потребности в транспортных средствах на 17% и 22,2% соответственно.

При увеличении количества уборочных агрегатов, работающих в одной группе от одного до двух и трех, взаимообусловленные простои уборочных и транспортных машин снижаются с 20% до 14 % и 11,5% соответственно.

## Литература

1. Бурьянов А.И. Технология уборки зерновых культур со сбором невеяного вороха / А.И. Бурьянов, М.А. Бурьянов, И.С. Переварюха // Ресурсосберегающие технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: Сборник научных трудов / ВНИПТИМЭСХ.- Зерноград, 2009- с. 193-201.
2. Бурьянов А.И. Технология, организация и планирование перевозок грузов на сельскохозяйственных предприятиях / А.И. Бурьянов// Монография.- Зерноград.: «РИО ФГОУ ВПО АЧГАА».-2010 -с. 267.
3. Жалнин, Э.В. Обоснование параметров комплекса машин для сбора невейки/ Э.В. Жалнин, Н.И. Стружкин, З. И Финкельберг// Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1978. - № 1. – С.13-15.
4. Патент РФ № 2249939, МПК А01Д 91/04, 41/00, 41/04/, 41/12, А01F 7/00, В07В 4/02, В65 G 67/24. Способ и агрегат для уборки урожая. Заявитель и патентообладатель: МКЛЕОД ХАРВЕСТ ИНК. (СА). -№ 2001135796/12; Заявл.09.06 2000/RU БИМП.- Оpubл. 2005, Бюл.№11.
5. Патент № 2378820 RU МПК А01D 91/04, А01D 41/08 Способ уборки зерновых культур, очистки невеяного вороха и средства для его осуществления / А.И. Бурьянов, М.А. Бурьянов, Е.А. Александров, Г. Е. Колесников. (Государственное научное учреждение ГНУ ВНИПТИМЭСХ) - №2008141185/12; Заяв. 16.10.08. // Изобретения и патенты. – 2010. - №2.
6. Стружкин, Н. И. Полевая молотила для сбора невейки/ Н. И. Стружкин// Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. –1978. - № 1. – С.40-41
7. Свид. 2018615321 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программа для определения параметров и режимов уборочно-транспортных комплексов с непосредственным сбором зернополовистого вороха от полевых машин в транспортные средства / С.Г. Зайцев, Н.Н Николаев; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Донской ГАУ (RU). – №2018615321; заявл. 12.03.18; опубл. 04.05.18, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

## References

1. Bur`yanov A.I. Tekhnologiya uborki zernovy`x kul`tur so sborom neveya-nogo voroxa / A.I. Bur`yanov, M.A. Bur`yanov, I.S. Perevaryuxa // Resursoberegayushhie tehnologii vzdely`vaniya i pererabotki sel`skoxozyaistvenny`x kul`tur: Sbornik nauchny`x trudov / VNIPTIME`SX.- Zernograd, 2009- s. 193-201.
2. Bur`yanov A.I. Tekhnologiya, organizaciya i planirovanie perevozkok gruzov na sel`skoxozyajstvenny`x predpriyatiyah / A.I. Bur`yanov// Monografiya.- Zerno-grad.: «RIO FGOU VPO AChGAA».-2010 -s. 267.
3. Zhalnin, E`.V. Obosnovanie parametrov kompleksa mashin dlya sbora ne-vejki/ E`.V. Zhalnin, N.I. Struzhkin, Z. I Finkel`berg// Mexanizaciya i e`lektrifika-ciya socialisticheskogo sel`skogo xazyajstva. – 1978. - № 1. – S.13-15.
4. Patent RF № 2249939, MPK A01D 91/04, 41/00, 41/04/, 41/12, A01F 7/00, B07B 4/02, B65 G 67/24. Sposob i agregat dlya uborki urozhaya. Zayavitel` i paten-toobladel` : MKLEOD HARVEST INK. (SA). -№ 2001135796/12; Zayavl.09.06 2000/RU BIMP.- Opubl. 2005, Byul.№11.
5. Patent № 2378820 RU MPK A01D 91/04, A01D 41/08 Sposob uborki zernovy`x kul`tur, ochistki neveyanogo voroxa i sredstva dlya ego osushhestvleniya / A.I. Bur`yanov, M.A. Bur`yanov, E.A. Aleksandrov, G. E. Kolesnikov. (Gosudarstvennoe nauch-noe

uchrezhdenie GNU VNIPTIME`SX) - №2008141185/12; Zayav. 16.10.08. // Izobrete-niya i patenty`. – 2010. - №2.

6. Struzhkin, N. I. Poleyaya molotila dlya sora nevejki/ N. I. Struzh-kin// Mexanizaciya i e`lektrifikaciya socialisticheskogo sel`skogo xazyajstva. –1978. - № 1. – S.40-41

7. Svid. 2018615321 Rossijskaya Federaciya. Svidetel`stvo ob oficial`-noj registracii programmy` dlya E`VM. Programma dlya opredeleniya parametrov i rezhimov uborochno-transportny`x kompleksov s neposredstvenny`m sborom zerno-polovistogo voroxa ot polevy`xmashin v transportny`e sredstva / S.G. Zajcev, N.N Nikolaev; zayavitel` i pravoobladatel` FGBOU VO Donskoj GAU (RU). – №2018615321; zayavl. 12.03.18; opubl. 04.05.18, Reestr programm dlya E`VM. – 1 s.