

S.O. Bobrovskii; zaiavitel, patentoobladatel Altaiskii gos. agrar. un-t. – 3 s.

5. Patent RU 2773671 C1 MKI H05B 6/10. Prochnyi induktsionnyi nagrevatel tekuchikh sred: No. 2021113043: zaiavl. 04.05.2021: opubl. 07.06.2022 / A.A. Bagaev, S.O. Bobrovskii; zaiavitel, patentoobladatel Altaiskii gos. agrar. un-t. – 3 s.

6. Bagaev, A.A. Metodika rascheta, otsenka energeticheskoi effektivnosti i napravleniia sovershenstvovaniia nizkotemperaturnykh induktsionnykh koaksialnykh nagrevatelei moloka promyshlennoi chastoty / A.A. Bagaev, S.O. Bobrovskii // Vestnik NGIEI. – 2023. – No. 7 (146). – S. 60-71.

7. Vedeniapin, G.V. Obschchaia metodika eksperimentalnogo issledovaniia i obrabotka opytnykh dannykh. – Moskva: Kolos, 1967.

8. Melnikov, S.V. Planirovanie eksperimenta v issledovaniiah selskokhoziaistvennykh protsessov / S.V. Melnikov, V.R. Aleshkin, P.M. Roshchin. – Leningrad: Kolos, 1980. – 168 s.

9. Teoreticheskie osnovy elektrotekhniki: uchebnoe posobie / A.A. Bagaev, L.V. Kulikova, E.V. Kuzmin, V.N. Larionov, V.D. Mikheev, O.K. Nikolskii. – Barnaul: Izd-vo FGBOU VPO Altaiskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet im. I.I. Polzunova, 2000. – 772 s.

10. Venikov, V.A. Teoriia podobiia i modelirovaniia (primenitelno k zadacham elektroenergetiki): uchebnik dlia vuzov / V.A. Venikov, G.V. Venikov. – Moskva: Vyssh.shk., 1984. – 439 s.



УДК 621.396  
DOI: 10.53083/1996-4277-2024-235-5-78-83

Г.Н. Поляков, Н.Н. Аникиенко  
G.N. Polyakov, N.N. Anikienko

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ ЗЕРНА ИЗ СОЛОМЫ ПОЛЕВОЙ МАШИНЫ ДЛЯ СБОРА НЕВЕЯНОГО ВОРОХА

### IMPROVING THE PROCESS OF GRAIN SEPARATION FROM THE STRAW OF A FIELD MACHINE FOR COLLECTING NOT WINNOWER HEAPS

**Ключевые слова:** зерноуборочные комбайны, технология уборки, сбор невеяного вороха, зерно, солома, соломотряс, тонкослойная сепарация, кинематический режим, зональная сепарация.

В рыночных условиях рентабельное производство в аграрном секторе, особенно продукции растениеводства, из-за высоких цен на топливо и технику невозможно без применения ресурсосберегающих технологий. В приоритетном направлении развития аграрного производства ключевое место отводится уборке зерновых культур. Исследования комбайновой технологии

выявили ее недостатки: потери зерна в поле превышают агротехнические требования; солома теряется полностью; сложная конструкция уборочных машин и многочисленные технологические регулировки. Все это подтолкнуло к разработке ресурсосберегающих технологий уборки. Большого внимания заслуживает технология уборки со сбором невеяного вороха (мелкого зернового вороха). В качестве уборочного агрегата используется полевая машина, которая изготавливается на базе зерноуборочного комбайна. Предусматривается демонтаж с комбайна зернового бункера и сопутствующих ему транспортирующих устройств, решетного

стана, соломонабивателя и половонабивателя. Для удаления мелкого зернового вороха из под молотильного аппарата и проходов зерна с соломотряса применяется пневмоконвейер. Невеяный ворох транспортируется потоком воздуха в тракторный прицеп, идущий параллельно или в сцепке с полевой машиной. Грубый ворох из молотильного аппарата поступает на соломо-сепаратор транспортерно-клавишного типа. Новизна процесса сепарации зерна из соломы заключается в том, что грубый ворох перемещается по клавишному соломотрясу со скоростью, обеспечивающей тонкослойную сепарацию зерна, а кинематический режим двухвального клавишного соломотряса транспортерного типа выбран так, что эффективность сепарации зерна в несколько раз выше, чем у серийного соломотряса. Приведена методика расчета основных параметров и размеров транспортерно-клавишного соломотряса полевой машины: скорость перемещения вороха грабельным транспортером, длина пальцев, длина зоны схода соломы с пальцев, обороты вала клавиш предложенного соломосепаратора.

**Keywords:** combine harvesters, harvesting technology, collection of not winnowed heaps, grain, chaff, straw, straw walker, thin-layer separation, kinematic mode, zonal separation.

Under market conditions in the agricultural sector, profitable production of crop products due to high prices for fuel and equipment is impossible without using resource-saving technologies. In the priority direction of development of agricultural production, a key place is given to the harvest-

ing of grain crops. Research on combine technology has revealed its shortcomings: grain losses in the field exceed agrotechnical requirements; chaff is completely lost; complex design of harvesting machines and numerous technological adjustments. All this prompted the development of resource-saving cleaning technologies. The technology of harvesting with the collection of not winnowed heaps (small grain heaps) deserves great attention. A field machine which is manufactured on the basis of a grain harvester is used as a harvesting unit. It is planned to dismantle the grain tank and accompanying transport devices, the sieve frame, the straw filler and the chaff filler from the combine. A pneumatic conveyor is used to remove small grain heaps from under the threshing apparatus and grain passages from the straw walker. Not winnowed heap is transported by air flow to a tractor trailer running parallel or coupled with the field machine. The coarse heap from the threshing apparatus goes to a conveyor-key type straw separator. The novelty of the process of separating grain from straw lies in the fact that the coarse heap moves along the straw walker at a speed that ensures thin-layer grain separation, and the kinematic mode of the two-shaft conveyor-type straw walker is chosen such that the efficiency of grain separation is several times higher than that of a serial straw walker. A method for calculating the main parameters and dimensions of the conveyor-key straw walker of a field machine is presented: the speed of movement of the heap with a rake conveyor, the length of the fingers, and the length of the zone where straw flows from the fingers, the revolutions of the key shaft of the proposed straw separator.

**Поляков Геннадий Николаевич**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская обл., Российская Федерация, e-mail: sxm1953@mail.ru.

**Аникиенко Николай Николаевич**, к.э.н., доцент, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, п. Молодежный, Иркутский р-н, Иркутская обл., Российская Федерация, e-mail: anikienkonikolai@mail.ru.

**Polyakov Gennadiy Nikolaevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Irkutsk State Agricultural University, Molodezhnii, Irkutskiy District, Irkutsk Region, Russian Federation, e-mail: sxm1953@mail.ru.

**Anikienko Nikolay Nikolaevich**, Cand. Econ. Sci., Assoc. Prof., Irkutsk State Agricultural University, Molodezhnii, Irkutskiy District, Irkutsk Region, Russian Federation, e-mail: anikienkonikolai@mail.ru.

### Введение

Конкурентоспособное развитие сельскохозяйственного производства во многом опирается на результаты научно-технического прогресса и передового опыта в области агроинженерной науки. В приоритетном направлении развития аграрного производства ключевое место отводится уборке зерновых культур. Технология уборки зерновых реализуется в основном применением зерноуборочных комбайнов – прямое и раздельное комбайнирование.

В связи с тем, что в стране сократились производство комбайнов и поставки зарубежной уборочной техники из-за введенных санкций, наблюдается рост уровня старения зерноубо-

рочных машин, который составил 70% [1]. Повышение цен на комбайны и низкая закупочная стоимость зерна вынуждают изыскивать технологии и технические средства, снижающие затраты на уборку зерновых культур.

Определились технологии и разрабатываются уборочные машины, такие как технология уборки со сбором мелкого зернового вороха. В качестве уборочного средства используется переоборудование зерноуборочного комбайна под полевую машину, которая позволяет снизить потери зерна в поле, собрать полову, главным образом за счет переноса операции обработки невеяного вороха (мелкого зернового вороха) с поля на стационар [2]. При этом масса полевой

машины за счёт упрощения рабочего процесса и демонтажа некоторых устройств (зернового бункера, жалюзийных решёт очистки, домолачивающих устройств, соломонабивателя и полово-набивателя) уменьшилась до 7 т по сравнению с комбайнами [3]. В связи с этим давление колес полевой машины на почву уменьшается. Упрощаются технологические регулировки машины.

Для повышения эффективности выделения зерна из грубого вороха клавишным соломотрясом предложено разделить транспортирующую и сепарирующую функции соломотряса с возможностью реализовать тонкослойную сепарацию зерна.

Широкое применение нашли клавишные двухвальные соломотрясы, которые отличаются большой энергией рыхления слоя продукта, работающие с большими нагрузками и, соответственно, с большей толщиной слоя вороха на соломотрясе. В то же время показатели качества работы клавишных соломотрясов снижаются при перегрузках, а жалюзи клавиш забиваются остями при уборке зерновых остистых культур. Установлено, что масса 1000 зерен в сходах соломотряса превышает массу 1000 зерен в бункере комбайна на 3-4 г, что указывает на потери полноценного зерна [4].

**Целью** работы является разработка и обоснование конструкции и основных параметров соломосепаратора для уменьшения потерь свободного зерна в солому путем применения тонкослойной сепарации и разделения функций транспортирования и выделения зерна клавишным соломотрясом.

#### Задачи:

- провести анализ технических систем сепарации зерна из грубого вороха;
- установить закономерности функционирования двухвального клавишного соломотряса и определить его существенные недостатки;
- обосновать конструкцию и основные параметры транспортерно-клавишного сепаратора грубого вороха.

#### Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили теоретические и экспериментальные данные в области уборки зерновых культур с применением технологии со сбором невеяного вороха. В работе применялись общенаучные методы исследования.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Для снижения сходов свободного зерна с клавишного соломотряса предложена конструкция, которая разделяет процессы сепарации зерна и транспортировки соломы из комбайна.

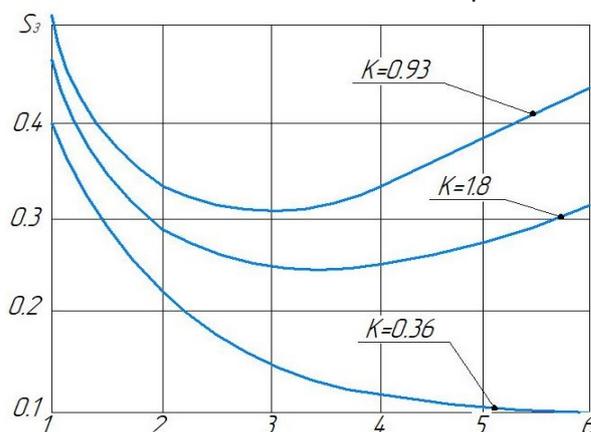
Работу клавишного соломотряса оценивают показателем кинематического режима  $K$ , представляющим отношение центростремительного ускорения клавиши  $\omega^2 r$  к ускорению свободного падения  $g$ :

$$K = \frac{\omega^2 r}{g}, \quad (1)$$

От значения показателя кинематического режима во многом зависят характер движения соломы на соломотрясе, взаимодействие между её слоями, а в связи с этим и процесс выделения зерна из вороха.

При колебательном процессе сепарации (клавишные соломотрясы, решетка очистки) зерно выделяется из вороха той части процесса, в которой ворох перемещается к сепарирующей поверхности, поэтому чем продолжительнее ворох опускается, тем выше вероятность сепарации зерна. Время опускания зависит от показателя кинематического режима.

На рисунке 1 показано изменение коэффициента зональной сепарации  $S_z$  (массовая доля зерна, выделенного в зоне, от всего зерна, поступившего в неё) по длине клавиши при различных показателях кинематического режима.



**Рис. 1.** Изменение коэффициента зональной сепарации зерна ( $S_z$ ) в разных зонах клавиши в зависимости от показателя кинематического режима  $K$

При обработке слоя вороха одинаковой толщины максимальное значение коэффициента зональной сепарации  $S_z$  соответствует  $K=0,93$  по всей длине соломотряса [5].

При  $K \approx 1$  двухвальные соломотрясы не способны транспортировать ворох вдоль клавиш. Для реализации показателя  $K \approx 1$  необходимо обеспечить разделение процессов встряхивания (сепарации) и транспортирования.

Исследования транспортно-клавишного соломотряса при кинематическом режиме  $K \approx 1$  показал, что эффективность сепарации в несколько раз выше, чем у клавишного соломотряса [6]. Подобное устройство применялось в сепараторе СО-10 для отделения зерна от соломы [7].

Предлагается в полевой машине над клавишным соломотрясом установить грабельный транспортер, чтобы сократить потери зерна в соломе.

Для обоснования конструктивных размеров и параметров грабельного транспортера – скорости, длины пальцев и зоны схода соломы с пальцев граблин – проведены необходимые расчеты. На рисунке 2 представлена схема транспортерно-клавишного соломотряса.

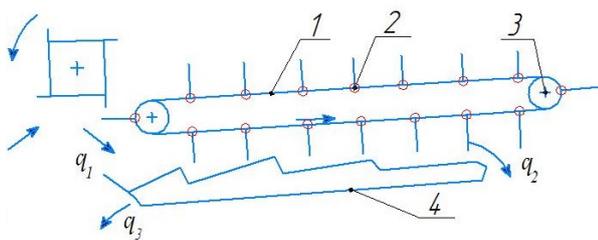


Рис. 2. Схема

**транспортерно-клавишного соломотряса:**  
 1 – грабельный транспортер, 2 – граблина,  
 3 – ведущий вал транспортера,  
 4 – клавишный соломотряс;  
 $q_1$  – подача обмолоченной массы;  
 $q_2$  – сходы вороха с соломотряса;  
 $q_3$  – подача мелкого зернового вороха  
 на транспортную доску

Обмолоченная масса из молотильного аппарата поступает на первый каскад клавишного соломотряса и захватывается пальцами транспортера, перемещая её по соломотрясу к выходу из комбайна. Подача обмолоченной массы  $q_1$  составляет 50-60% от общей подачи хлебной массы в молотильный аппарат полевой машины. При движении соломистого вороха по разделяющей поверхности клавиш подача  $q_1$  разделяется на сходы соломы  $q_2$  и подачу мелкого зернового вороха  $q_3$  на транспортную доску. Клавиши соломотряса, имея показатель кинема-

тического режима  $K \approx 1$ , создают благоприятные условия для выделения свободного зерна из соломы. Грабельный транспортер перемещает солому по каскадам соломотряса со скоростью, обеспечивающей тонкослойную сепарацию. Свободное зерно проходит через слой соломы со скоростью 0,07-0,08 м/с при коэффициенте вариации 39-45% [6].

Зная длину соломотряса  $L$ , его разделяющую поверхность, можно определить время транспортирования вороха по соломотрясу  $t_{mp}$ .

Время транспортирования вороха, в свою очередь, для достижения минимальных сходов свободного зерна должно быть больше или равно сумме времени просеивания зерна через слой вороха  $t_с$  и времени просеивания его через отверстия жалюзи  $t_p$ :

$$t_{mp} \geq t_с + t_p. \quad (2)$$

Время просеивания зерна через слой вороха определится по выражению:

$$t_с = \frac{H}{V_n}, \quad (3)$$

где  $H$  – толщина слоя соломы, м;

$V_n$  – скорость проникновения зерна через ворох, м/с.

Подача грубого вороха на соломосепаратор новой конструкции рассчитывается:

$$q_1 = HB_c V_{вп} \rho_c. \quad (4)$$

отсюда толщина слоя вороха из выражения (4) составит:

$$H = \frac{q_1}{B_c V_{вп} \rho_c}. \quad (5)$$

С учетом значений  $t_{mp}$ ,  $t_с$  и  $t_p$  эффективность разделения соломистого вороха определится условием:

$$\frac{L}{V_{вп}} \geq \frac{q_1}{V_n B_c \rho_c V_{вп}} + \frac{h_0}{V_0}, \quad (6)$$

где  $L$  – длина соломотряса, м;

$V_{вп}$  – скорость перемещения соломистого вороха грабельным транспортером, м/с;

$q_1$  – подача обмолоченной массы на транспортерно-клавишный соломотряс, кг/с;

$V_n$  – скорость проникновения зерна в направлении сепарации, м/с;

$B_c$  – ширина клавишного соломотряса, м;

$\rho_c$  – плотность вороха, кг/м<sup>3</sup>;

$h_0$  – вертикальная составляющая пути зерна при движении через отверстия жалюзи, м/с;

$V_0$  – средняя скорость перемещения зерна через отверстия жалюзи, м/с.

Допустим, что время прохождения зерна в отверстие жалюзи бесконечно мало, тогда дли-

на сепарирующей поверхности клавишного соломотряса с установленным над ним грабельным транспортером составит:

$$L \geq \frac{q_1}{V_n B_c \rho_c} \quad (7)$$

Длина пальцев грабельного транспортера должна быть больше или равна толщине слоя грубого вороха на соломотрясе. Толщина слоя вороха определяется из выражения (5).

В выражении (5) величины  $B_c$ ,  $\rho_c$  и  $q_1$  устанавливаются по данным справочной литературы и результатов машинно-испытательных станций. Приняв толщину вороха  $H$  равной пути перемещения свободного зерна в слое соломы в направлении сепарации из выражения (5), определим скорость транспортирования вороха по разделяющей поверхности соломотряса при постоянных значениях ширины соломотряса  $B_c$ , плотности вороха  $\rho_c$  и длине пальцев транспортера, равной оптимальной толщине слоя вороха  $H$ :

$$V_{вр} = \frac{q_1}{B_c \rho_c H} \quad (8)$$

Важным конструктивным элементом является длина зоны схода соломы с пальцев транспортера  $l$ . Ворох, который перемещает граблина транспортера, должен сойти с пальцев. В противном случае будет наблюдаться возврат соломы через верхнюю ветвь транспортера на начало первого каскада соломотряса.

Длина зоны схода соломы с пальцев транспортера определяется следующим образом. На соломенную частицу, расположенную у основания пальца граблины, действуют силы:  $mg$  – вес соломины,  $N$  – нормальная реакция поверхности;  $F$  – сила трения (рис. 3).

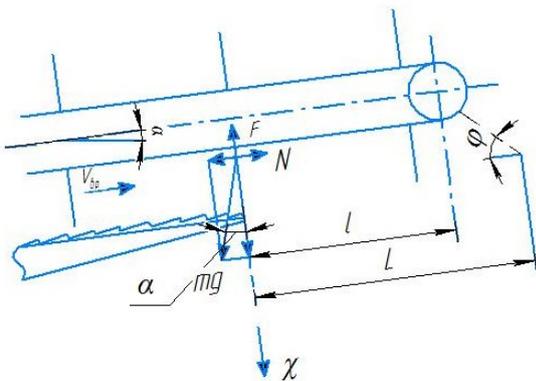


Рис. 3. Определение длины зоны схода соломы с пальцев транспортера

Положительное направление – движение соломы вниз по пальцу (направление оси X). Тогда

дифференциальное уравнение движения примет вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg \cos \alpha - mg \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi, \quad (9)$$

где  $\alpha$  – угол наклона грабельного транспортера;

$\varphi$  – угол трения частицы о палец.

Решением дифференциального уравнения (9) является функция:

$$x = \frac{gt^2}{2} \left[ \frac{\cos(\alpha+\varphi)}{\cos\varphi} \right] + c_1 t + c_2. \quad (10)$$

При  $t=0$ ,  $x=0$ ,  $c_1 = 0$  и  $c_2 = 0$  определяется движение соломы вниз по пальцу граблины длиной  $a$ :

$$a = \frac{gt^2}{2} \left[ \frac{\cos(\alpha+\varphi)}{\cos\varphi} \right]. \quad (11)$$

За время  $t$  граблина переместится на величину:

$$l = V_{вр} t = V_{вр} \sqrt{\frac{2 a \cos\varphi}{g \cos(\alpha+\varphi)}}. \quad (12)$$

Подставив в уравнение (12) значения  $V_{вр}$ ,  $a$ ,  $\alpha$ ,  $\varphi$ , найдется длина зоны схода соломы с пальцев граблины  $l$ . Длина выгрузной зоны транспортера  $L$  должна быть больше  $l$ , так как солома должна сойти с пальца при повороте на угол, равной углу трения  $\varphi$  частицы о сталь.

### Выводы

1. Для сепарации свободного зерна из грубого вороха в основном применяются двухвальные клавишные соломотрясы, которые в благоприятных условиях уборки допускают потери в пределах агротехнических требований. В производственных условиях потери зерна превышают требования. Характерным для клавишных соломотрясов является то, что масса 1000 зерен в сходах соломотряса превышает массу 1000 зерен поступающих в бункер комбайна на 3-4 г, что указывает на потери полноценного зерна.

2. Транспортерно-клавишный соломотряс выполняет те же функции, что и серийный соломотряс: транспортирование вороха и сепарация зерна. Отличие заключается в том, что грабельный транспортер перемещает ворох со скоростью в 2-3 раза выше, обеспечивая тонкий слой соломы на разделяющей поверхности, а клавиши движутся с показателем кинематического режима  $K=1$ , при котором коэффициент зональной сепарации зерна  $S_3$  по длине клавиш превышает аналогичный показатель серийного комбайна. Рабочий режим двухвального кла-

вишнего соломотряса комбайна имеет значение  $K=1,8-2,4$ .

3. На основе теоретических и экспериментальных исследований разработана методика инженерного расчета параметров предлагаемого соломосепаратора. Приняты значения: подача грубого вороха  $q_1=2,0-2,5$  кг/с; скорость проникновения зерна в слое соломы  $0,07-0,08$  м/с; показатель кинематического режима соломосепаратора  $K=1$ ; радиус кривошипного вала соломотряса  $r=0,05$  м; скорость вороха по разделяющей поверхности  $V_{вр} = 0,8-1,0$  м/с и конструктивная длина клавишного соломотряса  $3,8$  м. Получены кинематические и геометрические параметры разрабатываемого устройства: время транспортирования вороха по разделяющей поверхности транспортерно-клавишного соломотряса  $t_{тр}=4-5$  с; время просеивания зерна через слой вороха  $t_с=2$  с; угловая скорость вала соломотряса  $\varphi=14$  с<sup>-1</sup>, что составляет  $134$  об/мин.; длина пальца граблин  $a=0,10$  м; угол наклона транспортера  $\alpha=6^0$ ; угол трения частицы о палец  $\varphi =33^0$ ; длина зоны схода соломы с пальца  $L=0,16$  м; длина выгрузной зоны транспортера  $L=0,26$  м.

4. На основе проведенных расчетов можно заключить, что предлагаемая конструкция полевой машины с транспортерно-клавишным соломотрясом позволит существенно снизить потери зерна в поле и увеличить сбор невеяного вороха.

#### Библиографический список

1. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: в 2 частях / Я. М. Иванько, Н. Н. Дмитриев, Д. С. Адушинов [и др.]. – Иркутск: Мегап rint, 2019. – Ч. 2. – 321 с. – Текст: непосредственный.
2. Гейдербрехт, И. П. Проблема полного сбора урожая / И. П. Гейдербрехт. – Текст: непосредственный // Техника и оборудование для села. – 2006. – № 4. – С. 38-40.
3. Поляков, Г. Н. Техническое обеспечение уборочных процессов на основе ресурсосберегающих технологий уборки зерновых культур / Г. Н. Поляков, Н. Н. Аникиенко, А. В. Косарева. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-225-7-72-78. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 7. – С. 72-78.
4. Пугачев, А. Н. Потерям зерна – надёжный заслон / А. Н. Пугачев. – Москва: Колос, 1981. – 159 с. – Текст: непосредственный.
5. Поляков, Г. Н. Оптимизация режимов обмолота хлебной массы на стационаре / Г. Н. Поляков, С. Н. Шуханов, П. А. Болоев. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 11. – С. 40-42.
6. Зерноуборочные комбайны / Г. Ф. Серый, Н. И. Косилов, Ю. Н. Ярышев [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 248 с. – Текст: непосредственный.
7. Терских, И. П. Развитие технологий и средств механизации возделывания сельскохозяйственных культур: учебное пособие / И. П. Терских; Иркутская государственная сельскохозяйственная академия. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, 2003. – Ч. 4. – 349 с. – Текст: непосредственный.

#### References

1. Sistema vedeniia selskogo khoziaistva Irkutskoi oblasti: v 2 chastiakh / Ia. M. Ivano, N. N. Dmitriev, D. S. Adushinov [i dr.]. – Irkutsk: Megaprint, 2019. – Ch. 2. – 321 s.
2. Geiderbrekht, I. P. Problema polnogo sbora urozhaiia / I. P. Geiderbrekht // Tekhnika i oborudovanie dlia sela. – 2006. – No. 4. – S. 38-40.
3. Poliakov, G. N. Tekhnicheskoe obespechenie uborochnykh protsessov na osnove resursosberegaiushchikh tekhnologii uborki zernovykh kultur / G. N. Poliakov, N. N. Anikienko, A. V. Kosareva // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 7. – S. 72-78.
4. Pugachev, A. N. Poteriam zerna – nadezhnyi zaslon / A. N. Pugachev. – Moskva: Kolos, 1981. – 159 s.
5. Poliakov, G. N. Optimizatsiia rezhimov obmolota khlebnai massy na statsionare / G. N. Poliakov, S. N. Shukhanov, P. A. Boloev // Traktory i selkhoz mashiny. – 2014. – No. 11. – S. 40-42.
6. Zernouborochnye kombainy / G. F. Seryi, N. I. Kosilov, Iu. N. Iarmyshev [i dr.]. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 248 s.
7. Terskikh, I. P. Razvitie tekhnologii i sredstv mekhanizatsii vozdelvaniia selskokhoziaistvennykh kultur: uchebnoe posobie / I. P. Terskikh; Irkutskaiia gosudarstvennaia selskokhoziaistvennaia akademiia. Ch. 4. – Irkutsk: Irkutskii GAU im. A.A. Ezhevskogo, 2003. – 349 s.

