УДК 631.53 CC BY DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-24-33

Эволюция зерно-семяочистительной техники в России

Василий Михайлович Дринча[1],
доктор технических наук, профессор,
e-mail: vdrincha@list.ru;

Юлия Сергеевна Ценч[2],
кандидат педагогических наук

[1]Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация
[2]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Определили, что в развитии технического обеспечения зернопроизводства основную роль сыграл такой системообразующий фактор, как переход зерновых предприятий страны в частную собственность. За последние 30 лет владельцами зерна (за исключением небольшой его доли) стали частные компании и физические лица. Обосновали потребность развития зерно-семяочистительной техники в России. Показали актуальность выработки новой научно-технической политики в сфере развития машинного обеспечения зернопроизводства и его оптимального функционирования. (*Цель исследования*) Провести эволюционный анализ развития и функционирования зерно- и семяочистительной техники, определить основные периоды и системообразующие факторы ее развития. (*Материалы и методы*) Применили историко-аналитический метод в приложении к техническим системам. В качестве объектов исследования изучили оригинальные работы отечественных и зарубежных авторов более чем за 100 лет: монографии, диссертации, отчеты научно-исследовательских учреждений, протоколы машиноиспытательных станций, научные журналы, материалы конференций, а также описания к отечественной и зарубежной патентной документации. (*Результаты и обсуждение*) Описали эволюцию развития зерно-семяочистительной техники в течение последних 150 лет: от простейших орудий до сложных машинных систем индустриальных поточных технологий. Представили основные характеристики зерно-семяочистительных машин и показатели процессов сепарирования зерновых смесей решетами на различных этапах. (*Выводы*) Выявили основные системообразующие факторы, влияющие на техническое обеспечение зернопроизводства: социально-экономические условия; почвенно-климатические условия; научно-техническая политика; организационные факторы. Обосновали четыре этапа ее развития: первый (1870-1930 годы) – применение простейших ручных машин зарубежного производства; второй (1930-1950 годы) – зарождение отечественного производства зерно-семяочистительной техники; третий (1950-1991 годы) – переход от использования отдельных машин к индустриальным поточным технологиям; четвертый (с 1991 по настоящее время) – переход от традиционной поточной технологии к многообразию технологий и машин.
Ключевые слова: зерновой ворох, семена, обработка зерна, зерно-семяочистительная техника, зерноочистительная машина, семяочистительная машина, технологии поточной подготовки семян, зернопроизводство, материально-техническая база зернопроизводства.

Для цитирования: Дринча В.М., Ценч Ю.С. Эволюция зерно- и семяочистительной техники в России // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. N1. С. 24-33. DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-24-33.

Evolution of Grain and Seed Cleaning Equipment in Russia

Vasiliy M. Drincha[1],
Dr.Sc.(Eng.), professor,
e-mail: vdrincha@list.ru;

Yulia S. Tsench[2],
Ph.D.(Eng.)

[1]Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation
[2]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The authors determined that in the development of grain production technical support, the main role was played by such a system-forming factor as the transition of the country's grain enterprises to private ownership. Over the past 30 years, private companies and individuals became grain owners (with the exception of a small share). The authors substantiated the necessity for the development of grain-seed cleaning equipment in Russia. They showed the relevance of developing a new scientific and technical policy in the field of machine development support for grain production and its optimal functioning.

(*Research purpose*) To carry out an evolutionary analysis of grain and seed cleaning equipment development and functioning, to determine the main periods and system-forming factors of its development. (*Materials and methods*) The authors applied the historical-analytical method in addition to technical systems. As research objects, they studied the original works of domestic and foreign authors for more than 100 years: monographs, dissertations, reports of research institutions, machine testing stations protocols, scientific journals, conference materials, as well as descriptions for domestic and foreign patent documentation. (*Results and discussion*) They described the evolution of grain-seed cleaning equipment development over the past 150 years: from the simplest tools to complex machine systems of industrial flow technologies. The authors presented the main characteristics of grain-seed cleaning machines and indicators of grain mixtures separation by sieves processes at various stages. (*Conclusions*) The main system-forming factors influencing the technical support of grain production such as: socio-economic conditions; soil and climatic conditions; science and technology policy; organizational factors were revealed. They substantiated four stages of its development: the first (1870-1930) – the use of the simplest manual machines of foreign production; the second (1930-1950) – the birth of domestic production of grain-seed cleaning equipment; the third (1950-1991) – the transition from the use of separate machines to industrial flow technologies; the fourth (1991 – to the present) – the transition from traditional flow technology to a variety of technologies and machines.

Keywords: grain heap, seeds, grain processing, grain-seed-cleaning equipment, grain-cleaning machine, seed-cleaning machine, technologies of in-line seeds preparation, grain production, material and technical base of grain production.

For citation: Drincha V.M., Tsench Yu.S. Evolyutsiya zerno- i semyaochistitel'noy tekhniki v Rossii [Evolution of grain and seed cleaning equipment in Russia]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N1. 24-33 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-24-33.

Исторически сложилось так, что для России состояние зернового хозяйства и всей зерновой индустрии, было, есть и будет стержневым и решающим фактором ее экономического благосостояния, продовольственной безопасности и международного авторитета. Поэтому обеспечение высокого технического уровня отрасли – важнейшая народнохозяйственная задача, неразрывно связанная с развитием научно-технического прогресса в области машинного обеспечения зернопроизводства.

После изменения политической системы в 1991 г. в нашей стране сформировалась новая экономика, основанная на рыночных механизмах, составной частью которой стали зернопроизводящие хозяйства, элеваторная, мукомольно-крупяная, комбикормовая и другие перерабатывающие отрасли агропродовольственного комплекса. За 30 лет все зерновые предприятия страны перешли в частную собственность, некоторые не раз поменяли владельцев. Владельцами зерна (за исключением небольшой его доли) также стали частные компании и физические лица.

С переменой владельцев зерна и зерновых предприятий бремя сохранности зерна, развития и содержания материально-технической базы зернопроизводства практически полностью перенесено на негосударственный сектор [1, 2]. Такое преобразование фактически привело к отсутствию технической политики развития материально-технической базы, в частности зерно- и семяочистительной техники для зернопроизводящих хозяйств. С точки зрения кардинальных изменений технологии и применения новых технических средств состояние послеуборочной обработки зерна находится в фазе застоя [3]. Модернизация существующих зерноочистительных предприятий (как правило, типовых мехтоков) сводится к замене практически неработающего уже оборудования на современное, функционирующее на тех же принципах (использование плоско-решетных машин и типового транспортного оборудования).

Традиционно сложившаяся в условиях централизованной экономики техническая политика включала ряд государственных учреждений: министерство сельского хозяйства (МСХ), научно-исследовательские учреждения (НИУ), государственные специальные конструкторские бюро, а также машиноиспытательные станции (МИС). До 1990 г. ни одна машина не производилась и не допускалась к эксплуатации без рекомендации МИС и решения научно-технического совета МСХ. Государственные приемочные испытания были обязательны и для зарубежной техники. Практически во всех учреждениях работали высококвалифицированные специалисты по послеуборочной обработке зерна и подготовке семян.

После 1990 г. количество научных работников и квалифицированного научно-технического персонала, занятых в области генерации новых знаний и технических решений, а также в выработке технологической и технической политики в сфере послеуборочной обработки зерна и подготовки семян эволюционно уменьшилось. Например, практически прекратило свое существование ОАО «ГСКБ Зерноочистка», основное конструкторское бюро страны, которое на протяжении более полувековой истории в сотрудничестве с НИУ и вузами страны разработало полный комплекс зерно-семяочистительной техники, адаптированной к многообразию почвенно-климатических условий страны [4].

После перехода к децентрализованной экономике

появилось большое количество поставщиков зернового оборудования, что привело к стихийному наполнению рынка разномарочной техникой разных производителей. Далеко нередки случаи, когда хозяйства приобретают дорогостоящие машины, полагаясь на маркетинговую политику поставляющих технику предприятий.

Сложившаяся тенденция развития технического обеспечения приводит не только к нерациональному выбору машин, но и к неэффективному использованию имеющегося оборудования, так как отсутствует квалифицированное, независимое от отдельных фирм-поставщиков техники информационное обеспечение эффективного использования машинных систем.

Цель исследований – провести эволюционный анализ развития и функционирования зерно-семяочистительной техники, определить основные периоды и системообразующие факторы ее развития.

Материалы и методы. Эволюционный анализ развития и функционирования зерно-семяочистительной техники с момента ее появления и до настоящего времени, то есть за последние 150 лет, проводили путем применения историко-аналитического метода в приложении к техническим системам.

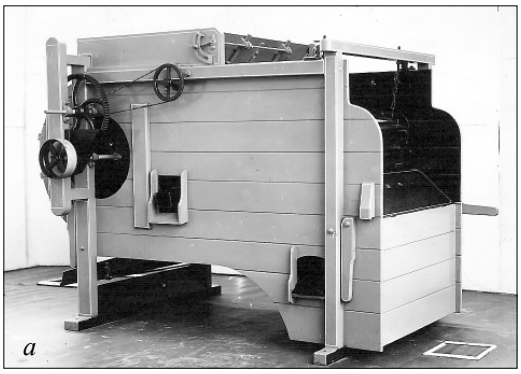
Объекты исследований – оригинальные работы отечественных и зарубежных авторов за более чем 100 лет: монографии, диссертации, отчеты научно-исследовательских учреждений, протоколы машиноиспытательных станций, научные журналы, материалы многочисленных конференций, а также описания к отечественной и зарубежной патентной документации. Использовали также информационно-аналитические материалы зарубежных и отечественных сельскохозяйственных выставок, проводившихся в последние десятилетия.

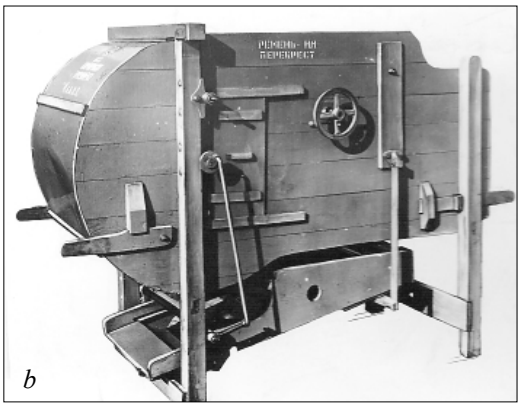
Ряд положений, изложенных в статье, основан на обобщении имеющегося технологического и технического обеспечения хозяйств в разных регионах страны.

Результаты и обсуждение. Считается, что первая в мире механическая установка для очистки зерна была изготовлена и поставлена на рынок в 1870 г. инженером К.Ф. Ребером в Германии (начало деятельности фирмы *Petkus*). В 1880 г. в нашу страну поступили первые зерноочистительные машины, а в 1890 г. поставки составили уже 6000 машин [5].

В России до 1917 г. насчитывалось около 20 млн мелких единоличных крестьянских хозяйств (дворов), в составе которых было 65% бедняцких, 20% середняцких и 15% кулацких хозяйств. Валовой сбор зерна в России в 1913 г. составлял 86 млн т [6].

В бедняцких хозяйствах урожай зерновых культур обрабатывали в основном вручную – при помощи лопаты и ветра, а в кулацких и помещичьих для этой цели использовали машины ручного привода: веялки, сортировки и триеры, которые завозили из-за рубежа. Эти машины считались основными, и некоторое время после 1917 г. производство их аналогов зарождалось на советских заводах (*рис. 1*) [6, 7].





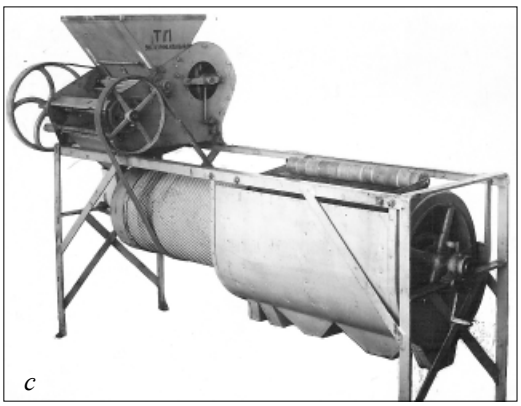


Рис. 1. Зерноочистительные машины с ручным приводом: a – веялка; b – веялка-сортировка; c – триер
Fig. 1. Grain cleaning machines with manual drive: a – winnower; b – winnower-sorting; c – trier

Очистка зерна в России с момента появления зерно-семяочистительных машин и до 1930 г. осуществлялась на машинах с ручным приводом, завезенных в основном из-за рубежа. Таким образом, первый этап (1870-1930 гг.) механизации обработки зерна ознаменован переходом от простейших ручных орудий до машин с ручным приводом.

Второй этап (1930-1950 гг.) связан с зарождением отечественного производства зерно-семяочистительной техники и с историей НИИ механизации сельско-

го хозяйства (ВИМ), созданного в 1930 г. Здесь одной из первых начала работать лаборатория механизации зерноочистки, заведующим которой был молодой инженер Н.Н. Ульрих. Первой машиной, разработанной сотрудниками ВИМ в 1931 г., стала веялка-сортировка ВС-2 с ручным приводом, имеющая деревянную конструкцию.

К концу 30-х годов объем производства триеров с ручным приводом моделей ТП-400 и ТЛ-400 составил 30 000 ед. (завод Воронежсельмаш).

Для обработки зерна продовольственного и фуражного назначения в ВИМ разработана машина ВИМ-2, ставшая началом ряда зерноочистительных машин, выпускавшихся Харьковским заводом «Серп и молот», а позднее Воронежсельмашем: – ВИМ-10, ВИМ-СМ-1, ВИМ-СМ-1Р, ВИМ-СМ-2, ОСМ-3, ОСМ-3У, ОС-4,5 (*рис. 2*) [8, 9].

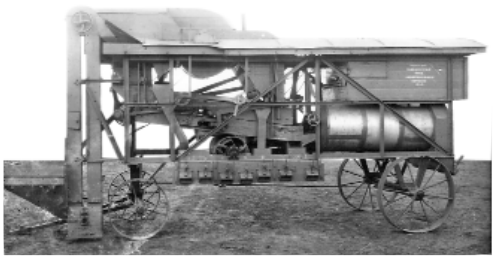
В создании машин с электрическим приводом отмечаются два периода: первый – разработка специальных конструкций, предназначенных для очистки семян зерновых культур (1934-1940 гг.); второй – создание универсальных зерноочистительных машин для очистки семян различных сельхозкультур: зерновых, зернобобовых, крупяных, масличных, технических, семян трав и других (1948-1957 гг.) [9].

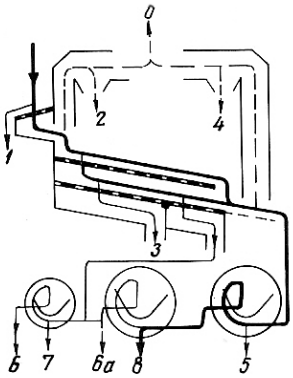
Разработанные и выпускавшиеся промышленностью отечественные универсальные зерноочистительные машины в течение второго этапа механизации зернопроизводства были стационарными, что создавало неудобство при работе на току, они имели недостаточную производительность, а также требовали большого количества обслуживающего персонала (*табл. 1*) [6].

Вспомогательные технологические операции – подача исходного материала в машину, отгрузка фракций очистки, их затаривание или формирование буртов – проводили в основном вручную. Для обслуживания машин и выполнения погрузочно-разгрузочных операций приходилось привлекать для работы на току до 100-150 чел. Тяжелый физический труд в антисанитарных условиях, существенные потери и неудовлетворительное качество зерна и семян, преждевременный выход из строя оборудования были характерны при обработке зерна на разрозненных машинах.

В течение второго этапа в сельском хозяйстве оста-

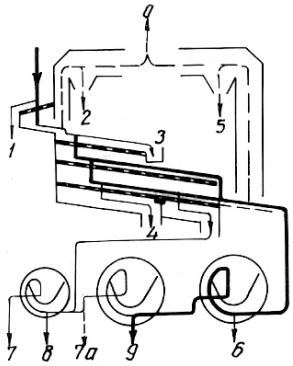
Зерно-семяочистительная машина ВИМ-2 (1936-1938 гг.)
Grain-seed cleaning machine VIM-2 (1936-1938)





1 – крупные примеси; 2 – легкие примеси;3 – мелкие примеси; 4 – щуплое зерно; 5 – длинные примеси; 6, 6а – короткие примеси; 7 – мелкое зерно; 8 – семена; 0 – пыль
1 – large impurities; 2 – light impurities; 3 – small impurities; 4 – shriveled grain; 5 – long impurities; 6, 6a – short impurities; 7 – fine grain; 8 – seeds; 0 – dust

Зерно-семяочистительная машина ВИМ-СМ-1 (1936-1938 гг.)
Grain-seed cleaning machine VIM-SM-1 (1936-1938)



1 – грубые примеси; 2 – легкие примеси;3 – крупные примеси; 4 – мелкие примеси; 5 – щуплое зерно; 6 – длинные примеси; 7, 7а – короткие примеси; 8 – мелкое зерно; 9 – семена; 0 – пыль
1 – coarse impurities; 2 – light impurities; 3 – large impurities; 4 – small impurities; 5 – shriveled grain; 6 – long impurities; 7, 7a – short impurities; 8 – fine grain; 9 – seeds; 0 – dust

Рис. 2. Первые универсальные зерно-семяочистительные машины отечественного производства
Fig. 2. The first universal grain-seed cleaning machines of domestic production

Таблица 1 Table 1

Основные технические характеристики зерно-семяочистительных машин (1936-1968 гг.)
Main technical characteristics of grain-seed cleaning machines (1936-1968)

Показатели Indicators	Марка машины / Machine brand						
	ВИМ-2 VIM-2	ВИМ- СМ-1Р VIM-SM-1R	ВИМ-СМ-2 VIM-SM-2	ОС-1 OS-1	ОСМ-3 OSM-3	ОСМ-3У OSM-3U	ОС-4,5 OS-4,5
Производительность, т/ч Productivity, t/h	2	1,2	2,5	1,0	3,0	3,5	4,5
Установленная мощность, кВт Installed power, kW	4,50	4,50	4,50	1,36	4,50	4,50	4,50
Масса, т Weight, t	2,8	2,5	2,8	0,75	2,2	1,8	1,65
Удельная металлоемкость, т·ч/т Specific metal consumption, t·h/t	1,40	2,08	1,12	0,75	0,73	0,51	0,37
Удельный расход энергии, кВт·ч/т Specific energy consumption, kW·h/t	2,25	3,75	1,80	1,36	1,50	1,30	1,00
Затраты труда, чел.-ч/т Labor costs, person-h/t	2,50	3,80	2,00	2,00	1,50	0,80	0,66
Количество обслуживающего персонала, чел. Number of staff, person	5	4	5	2	4	3	3

валось около 60% валового сбора зерна, которое использовали на фураж, продовольствие и семена, и лишь 40% от этого сбора поступало в заготовительную систему. В связи с этим в зернопроизводящих хозяйствах появляется потребность в трех основных вариантах систем машин для обработки зерна различного назначения:

- фуражного;
- продовольственного;
- семенного.

Системы машин для трех вариантов различаются по стоимости и производительности. В тот период акцент был сделан на универсальности машин и возможности их использования в зависимости от потребности обработки того или другого вида зерна. В основном были задействованы зерно-семяочистительные машины отечественного производства.

Третий этап (1950-1991 гг.) механизации обработки зерна характеризовался интенсивным ростом валового сбора зерна в стране и потребностью очищать большие объемы зерна в сжатые сроки. Знаковым событием данного этапа стало образование в 1956 г. на базе завода Воронежсельмаш специального конструкторского бюро (СКБ) по машинам для очистки зерна.

В начале этого этапа обработка зерна и подготовка семян проводились на открытых токах. Встала необходимость в самопередвижных машинах для обработки зерна в буртах. В 1958 г. для этих целей в СКБ была разработана уникальная самопередвижная машина для предварительной очистки зерна (*рис. 3*) [4].

В этот период машин для предварительной очистки (МПО) не существовало как в нашей стране, так и за рубежом.

Научно обоснованные и разработанные технологические основы поточной машинной обработки зерна и семян (поле – ток – элеватор) позволили существенно снизить потери качества зерна и трудоемкость работ в процессе послеуборочной обработки.

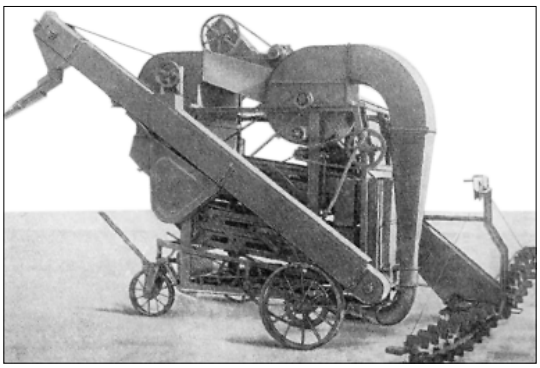


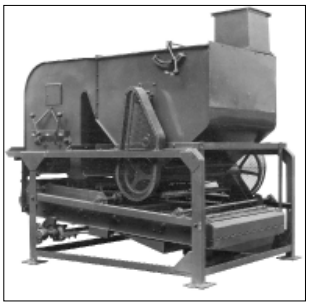
Рис. 3. Очистка комбайнового зерна на току первыми самопередвижными ворохоочистителями ОВП-20
Fig. 3. Cleaning of combine grain on the current by the first self-propelled heap cleaners OVP-20

Широкое внедрение поточных технологий началось в 1962 г., когда была создана и внедрена система унифицированных поточных линий в виде зерноочистительных агрегатов и зерноочистительно-сушильных комплексов производительностью 5; 10 и 20 т/ч, семяочистительных приставок к ним (5 т/ч), а затем и зерноочистительных агрегатов (10 т/ч) и зерно-рисоочистительно-сушильного комплекса (5 т/ч) [8].

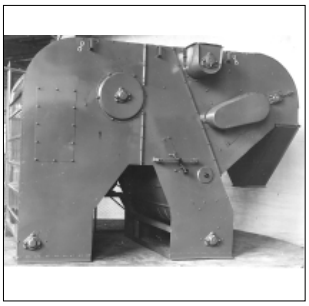
Применение поточных методов обработки зерна позволило снизить затраты труда по сравнению с 1930 г. в 100 раз – с 22 до 0,15-0,20 чел.-ч/т.

Для оснащения поточных технологий обработки зерна потребовались стационарные машины. В нашей стране первая специальная стационарная машина для предварительной очистки зерна ЗД-10 000 была разработана в ГСКБ (г. Воронеж) в начале 60-х годов и в 1966 г. поставлена на производство (*рис. 4*).

Машина ЗД-10 000, производительностью 20 т/ч



ЗД-10.000, 1966 г.
ZD-10.000, 1966



МПО-50, 1977 г.
MPO-50, 1977

Рис. 4. Первые стационарные машины для предварительной очистки зерна для поточных технологий обработки зерна
Fig. 4. The first stationary grain pre-cleaning machines for in-line grain processing technologies

на зерне пшеницы была одной из удачных технологических конструкций. Она включала один воздушный канал, расположенный перед одноярусным решетным станом с щеточной очисткой и планчатым ворошителем зернового слоя. В ряде хозяйств эти машины работают до сих пор.

По действующим агротехническим требованиям МПО должны очищать ворох с исходной влажностью до 35% и содержанием сорных примесей до 20%, в том числе крупных примесей – до 5%. При этом полнота выделения сорных примесей должна быть не менее 50%, потери зерна в отход – не более 0,2% [10].

Подсевное решето для выделения мелкого сора в случае применения воздушно-решетной машины следует выбирать с круглыми отверстиями диаметром 1 мм.

В этот же период были разработаны стационарные воздушно-решетные машины для первичной очистки зерна ЗАВ-10.30.000, а также машины вторичной очистки СВУ-5.

Для вторичной очистки выпускалась самоходная воздушно-решетная машина, оснащенная триерными блоками СМ-4.

Создаваемые зерно-семяочистительные машины в течение третьего этапа имели различные схемы решетных станов. При этом все они имели щеточные системы очистки решет от застрявших частиц (*табл. 2*).

В течение третьего этапа механизации сдерживающим развитие зерно-семяочистительной техники было несовершенство решетных станов, а также их виброприводов. Ряд отечественных исследователей выявили возможность повышения эффективности процесса сепарации на решетах путем увеличения амплитудно-частотных характеристик решет (*табл. 3*) [11].

Повышение интенсивности колебаний и, следовательно, уровня ускорений решетного стана требует упрочнения машины, что приводит к увеличению ее массы и стоимости.

В целом наиболее широкое распространение в России и в мире получили зерно-семяочистительные машины с плоскими вибрирующими решетами, процесс сепарирования на которых осуществляется в поле гравитационных сил тяжести. При этом наиболее распространены сепараторы с кинематическим эксцентриковым приводом. Однако в последнее время постоянно увеличивается доля решетных сепараторов,

Таблица 2 / Table 2

Характеристики решетных станов отечественных зерно-семяочистительных машин с плоскими решетами
Characteristics of sieving mills of domestic grain-seed cleaning machines with flat sieves

Показатели Indicators	Марка машины / Machine brand				
	ЗАВ-10.30000 ZAV-10.30000	ОВС-25 OVS-25	ЗВС-20 ZVS-20	СМ-4 SM-4	СВУ-5 SVU-5
Производительность (на семенах), т/ч Productivity (on seeds), t/h	10	12	20	4	5
Амплитуда колебаний решет, мм Sieve vibration amplitude, mm	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Частота колебаний решет, мин$^{-1}$ Sieve vibration frequency, min^{-1}	440	460	430; 460	418	360; 500
Угол наклона решет, град. Angle of sieves inclination, degrees	8	8	6	6	5
Амплитуда движения щеток, мм Amplitude of brushes movement, mm	128	128	117,5	128	117,5
Частота ходов щеток, мин$^{-1}$ Frequency of brushes strokes, min^{-1}	30	35	29	29	24; 35
Размеры решетных полотен, мм Sieve blade sizes, mm	790×990	790×990	990×740	790×990	740×990
Подача на решета, кгм$^{-1}$с$^{-1}$: Sieve feed, kgm^{-1}s^{-1}: делительное / dividing колосовое / spike подсевное / undersowing	 1,46 0,73 0,73	 1,76 0,88 0,88	 1,98 0,99 0,99	 1,17 0,58 0,58	 1,46 0,73 0,73
Ускорение колебаний, мс$^{-2}$ Oscillation acceleration, ms^{-2}	15,9	17,4	18,9	14,4	10,7; 20,6

Таблица 3 Table 3

Показатели процессов сепарирования зерновых смесей решетами
Indicators of the grain mixtures separation processes by sieves

Авторы исследований Research authors	Форма решета и характер движения (культура) Sieve shape and movement pattern (culture)	Оптимальные кинематические параметры Optimal kinematic parameters				Удельная производительность, кг/дм²·ч Specific productivity, kg/dm²·h	Полнота разделения, % Separation completeness, %
		амплитуда, мм amplitude, mm	частота, мин⁻¹ frequency, min⁻¹	ускорение колебаний, м/с² vibration acceleration, m/s²	скорость колебаний, см/с vibration speed, cm/s		
И.Е. Кожуховский I.E. Kozhukhovsky	плоское качающееся (пшеница) flat swaying (wheat)	7,0	350-415	9,4-13,2	25,6-30,4	13,5	80
В.М. Цециновский V.M. Tsecinovsky	то же / the same	5,5	625	23,5	36,0	10,0	80-87
	плоское виброрешето (пшеница) flat vibrating sieve (wheat)	1,0	3000	98,6	31,4	–	96
С.А. Васильев S.A. Vasil'ev	плоское качающееся (пшеница) flat swaying (wheat)	4,0-12,0	70-400	0,65-7,00	8,8-16,8	4,8-20,0	–
Г.Д. Терсков G.D. Terskov	то же / the same	5,0-20,0	70-400	0,65-7,00	8,8-16,8	4,8-20,0	–
Х.А. Ксифилинов Kh.A. Ksifilinov	то же (подсолнечник) the same (sunflower)	5,0-11,0	–	7,0-9,0	–	4,0-5,0	31-49
Г.З.Файбушевич G.Z.Faibushevich	плоское виброрешето (пшеница) flat vibrating sieve (wheat)	1,25	1200-1500	19,7-37,0	15,7-23,6	15,0	90-95
Г.Е. Листопад G.E. Listopad	то же / the same	3,0	1250	51,4	39,2	74	–
П.И. Леонтьев P.I. Leont'ev	то же (клевер) same (clover)	1,5	2300	86,7	36,0	в 2-3 раза выше, чем на качающемся	50
А.В. Миняйло A.V. Minyailo	то же, с винтовыми колебаниями (рис) the same, with helical vibrations (rice)	1,5	2200-2600	79,5-111,0	31,5-40,8	12,5	98
Е.Л. Орлов E.L. Orlov	то же, с круговыми вертикальными колебаниями (пшеница) the same, with circular vertical oscillations (wheat)	1,40-1,55	1400-1600	39,3-33,3	23,4-22,7	90-100	65-70
П.М. Заика P.M. Zaika	то же, с пространственными колебаниями (кукуруза) the same, with spatial fluctuations (corn)	1,35-1,55	1700-1800	48-60	25,0-28,0	20,0-22,5	95
Я.И. Лейкин Ya.I. Leikin	параболоидное решето с вертикальной осью вращения и осевыми колебаниями (гречка) paraboloid sieve with vertical axis of rotation and axial vibrations (buckwheat)	1,5-3,0	960	15,1-30,2	15,0-30,0	16,5	96
Л.М. Спичкин L.M. Spichkin	коническое решето с горизонтальной осью вращения и осевыми колебаниями conical sieve with horizontal axis of rotation and axial vibrations	8,0	700	43,0	58,6	28	91
А.В. Барилл A.V. Barill	многоконусное решето с вертикальной осью вращения и осевыми колебаниями (пшеница) multicone sieve with vertical axis of rotation and axial vibrations (wheat)	–	–	150-350	–	54,86-123,00	70,0-80,6
Д.И. Мазоренко D.I. Mazorenko	цилиндрическое решето с вертикальной осью вращения, осевыми колями и с КО* (пшеница) cylindrical sieve with vertical axis of rotation, axial stakes and with copying cleaners* (wheat)	6,0-8,0	800-900	53,2-56,0	56,5-67,0	45-60;120-140	90,80-95,00
Л.Н. Тищенко L.N. Tishchenko	то же, с ККО** (пшеница) the same, with copying-ring cleaners ** (wheat)	6,0-8,0	800-900	53,2-56,0	56,5-67,0	60-80	90-95

Продолжение иаблицы 3

Л.Н. Тищенко, А.В. Мандрыка L.N. Tishchenko, A.V. Mandryka	то же, с ВКО*** (пшеница) the same, with vibrating-copying-ring cleaners*** (wheat)	6,0-8,0	800-900	53,2-56,0	56,5-67,0	100-105	90-95
Л.Н. Тищенко, М.В. Пивень L.N. Tishchenko, M.V. Piven'	то же, с КО* и с поверхностными интенсификаторами (пшеница) the same, with copying cleaners* and with surface intensifiers (wheat)	6,0-8,0	800-900	53,2-56,0	56,5-67,0	50-140	80-95
Л.Н. Тищенко, А.Г. Телига L.N. Tishchenko, A.G. Teliga	то же. с КО* и с объемными интенсификаторами (пшеница) the same with copying cleaners* and with volumetric intensifiers (wheat)	6,0-8,0	800-900	53,2-56,0	56,5-67,0	60-93; 17	90-95; 8

* копирующие очистители; copying cleaners
** копирующе-кольцевые очистители; copying-ring cleaners
*** вибрирационно-копирующе-кольцевые очистители, vibrating-copying-ring cleaners

имеющих форму тела вращения.

В течение третьего этапа основной объем зерна обрабатывался на машинах отечественного производства. Однако в 1970-1990 гг. в Советский Союз фирма *Petkus* (ГДР) поставила 200 тыс. комплексов по доведению семян до базисных кондиций, в том числе около 2 тыс. полнокомплектных линий по обработке мелкосемянных культур и ржи, основная часть из которых поступила в Россию [5].

В НИУ и вузах страны были проведены многочисленные исследования физико-механических свойств различных зерновых материалов [12].

Следует заметить, что в развивающихся странах мира в этот период применяли машины, характерные для второго этапа механизации. Причем часть из них оснащали источниками питания от солнечных батарей [13, 14]

Технический уровень и принципы работы зерно-семяочистительных машин, применявшихся в течение третьего этапа механизации, остаются доминирующими в индустриально-развитых странах странах [15, 16].

Четвертый этап (с 1991 по настоящее время) характеризуется изменением системообразующих факторов развития материально-технической базы зернопроизводства [2, 17]:

- переход от государственной к частной собственности на зерно (за исключением небольших объемов);
- появление большого количества хозяйства с различными объемами производства зерна;
- снижение роли технической политики страны в обеспечении зернопроизводства;
- появление большого количества поставщиков зерно-семяочистительной техники.

После 1991 г. изменились схемы логистики, а также интенсивность зерновых потоков в период уборки урожая. Если до 1992 г. в ходе уборки, то есть в течение 1,5-2,0 мес. больше половины зерна и семян перевозили для обработки и хранения на государственные элеваторы и хлебоприемные предприятия, то в настоящее время в этот период на них поступает не более 20% урожая, а его основная часть обрабатывается и хранится в местах производства [2].

Поточная технология «поле – ток – элеватор», реализованная в агрегатах и комплексах, была эффективной для зернопроизводящих хозяйств, когда они более 50% урожая сразу после уборки направляли на государственные элеваторы. Для четвертого этапа становится актуальной диверсификация технологий и машин, а также переход к машинам нового поколения.

Все в большей степени становится востребованной мобильная зерноочистительная техника [3].

Особым системным фактором, влияющим на разработку и выбор технологий послеуборочной обработки зерна и зерно-семяочистительной техники для ее осуществления остается многообразие почвенно-климатических условий страны.

В целом по четвертому этапу механизации послеуборочной обработки зерна можно заключить, что на первый план выходят задачи, связанные с минимизацией травмирования семян, поиском оптимальных решений молотильных систем зерноуборочных комбайнов [17-22].

Несоответствие современным требованиям машинных систем для послеуборочной обработки зерна может быть преодолено только при использовании системного подхода, включающего изменение научной и технической политики

Выводы

1. В процессе проведенного анализа развития зерно-семяочистительной техники выявлены основные системообразующие факторы, влияющие на техническое обеспечение зернопроизводства:
- социально-экономические условия;
- почвенно-климатические условия;
- научно-техническая политика;
- организационные факторы.

2. Проведенный эволюционный анализ механизации зернопроизводящих хозяйств за последние 150 лет позволил обосновать четыре этапа развития зерно-семяочистительной техники и определить ее основные технические характеристики:
- 1-й этап (1870-1930 гг.) – применение простейших

ручных машин зарубежного производства;

- 2-й этап (1930-1950 гг.) – зарождение отечественного производства зерно-семяочистительной техники;
- 3-й этап (1950-1991 гг.) – переход от использования отдельных машин к индустриальным поточным технологиям;
- 4-й этап (с 1991 по настоящее время) – переход от традиционной поточной технологии к многообразию технологий и к новому поколению зерно-семяочистительных машин.

3. В свете перспектив оснащения зерновых предприятий зерно-семяочистительной техникой нового поколения и ее оптимального использования актуальна выработка новой модели научно-технической политики, основывающейся на тесном сотрудничестве ученых НИУ и вузов, а также инженерно-конструкторских работников отечественной промышленности и потребителей зерновых машин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Птушкина Г.Е., Яковлева О.В. От поля до хлеба. М.: Пищепромиздат. 2002. 256 с.
2. Юкиш А.Е., Ильина О.А. Техника и технология хранения зерна. М.: ДеЛи принт. 2009. С. 718.
3. Леканов С.В., Стрикунов Н.И. Основные направления развития мобильной зерноочистительной техники // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014. Т. 116. N6. С. 120-124.
4. Красов В.Д., Грабельковский Н.И. ГСКБ «Зерноочистка» 50 лет. Воронеж: МОДЭК. 2006. 192 с.
5. Бюшель Р., Балков Д. Оборудование немецкой компании // *Комбикорма*. 2008. N5. С. 42.
6. Дринча В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки: Монография. Воронеж: МОДЭК. 2006. 384 с.
7. Корн А.М. ВИМ: от ручной веялки до зернообрабатывающего завода – развитие и реализация технической мысли по зерноочистке. М.: ВИМ. 2006. 72 с.
8. Анискин В.И., Зюлин А.Н. Развитие зерноочистительной техники // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2005. N1. С. 6-8.
9. Ульрих Н.Н. У истоков механизации предпосевной подготовки семян и послеуборочной обработки зерна // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1980. N4. С. 19-21.
10. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М., Шевцов32В.Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2011. Т. 5. N1. С. 11-14.
11. Rustam A., Linenko A., Batretdinov I., Tukratov M., Akchurin S. Research of the work of the sieve mill of a grain-cleaning machine with a linear asynchronous drive. *Mathematical Biosciences and Engineering*. 2020. Vol. 17. N4. 4348-4363.
12. Ульрих Н.Н. Методы агрономической оценки эффективности машинного сортирования семян // *Труды ВИМ*. 1961. Т. 30. 304 с.
13. Drambi U.D., Saeed H.A., Abubakar L.G., Mohammed A.A., Bashir U. Development and Performance Evaluation of a Pedal Operated Paddy Rice Winnower for Small Scale Rural Farmers in Nigeria. *International Journal of Science and Qualitative Analysis*. 2017. Vol. 3. N8. 37-41.
14. Mishra A., Sinha J.P., Singh J.K., Tomar B.S. Development of solar powered pneumatic grain/seed cleaning system. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2018. Vol. 88. 1676-1681.
15. Gregg B., Billups G. Seed conditioning Vol. 1. Management. USA: Science Publishers. 2009. 469.
16. Okunola A.A., Igbeka J.C., Arisoyin A.G. Development and evaluation of a cereal cleaner. *Journal of Multidisciplinary Engineerring Science and Technology*. 2015. Vol. 2. N6. 1587-1592.
17. Дринча В.М., Ценч Ю.С. Fundamentals and Prospects for the Technologies Development for Post-Harvest Grain Processing and Seed Preparation // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N4. С. 17-25.
18. Goli A., Khazaei J., Taheri M., Khojamliand A., Sedaghat A. Effect of mechanical damage on soybean germination. *International Academic Journal of Science and Engineering*. 2016. Vol. 3. N10. 48-58.
19. Govindaraj M., Masilamani P., Asokan D., Rajkumar P., Selvaraju P. Effect of Different Harvesting and Threshing Methods on Seed Quality of Rice Varieties. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2017. Vol. 6. N8. 2375-2383.
20. Sinha J.P., Pandita V.K. Effect of Threshing Methods on Seed Damage, Germinability and Seedling Vigour in Okra cv. Pusa A-4. *Seed Research*. 2002 Vol. 30. N1. 161-163.
21. Бейлис В.М., Ценч Ю.С., Коротченя В.М., Старовойтов С.И., Кынев Н.Г. Тенденции развития прогрессивных машинных технологий и техники в сельскохозяйственном производстве // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N4 (33). С. 150-156.
22. Ценч Ю.С., Маслов Г.Г., Трубилин Е.Г. К истории развития сельскохозяйственной техники // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. N3(47). С. 117-123.

REFERENCES

1. Ptushkina G.E., Yakovleva O.V. Ot polya do khleba. [From field to bread]. Moscow: Pishchepromizdat. 2002. 256 (In Russian).
2. Yukish A.E., Il'ina O.A. Tekhnika i tekhnologiya khraneniya zerna [Grain storage technique and technology]. Moscow: DeLi print. 2009. 718 (In Russian).

3. Lekanov S.V., Strikunov N.I. Osnovnye napravleniya razvitiya mobil'noy zernoochistitel'noy tekhniki [The main directions of development of mobile grain cleaning equipment]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. Vol. 116. N6. 120-124.

4. Krasov V.D., Grabel'kovskii N.I. GSKB «Zernoochistka» 50 let [GSKB «Zernoochistka» is 50 years old]. Voronezh: MODEK. 2006. 192 (In Russian).

5. Byushel' R., Balkov D. Oborudovanie nemetskoy kompanii [Equipment of the German company]. *Kombikorma*. 2008. N5. 42 (In Russian).

6. Drincha V.M. Issledovanie separatsii semyan i razrabotka mashinnykh tekhnologiy ikh podgotovki: Monografiya [Research of seeds separation and machine technologies development for their preparation: Monograph]. Voronezh: MODEK. 2006. 384 (In Russian).

7. Korn A.M. VIM: ot ruchnoy veyalki do zernoobrabatyvayushchego zavoda – razvitie i realizatsiya tekhnicheskoy mysli po zernoochistke [VIM: from a manual winder to a grain processing plant – the development and implementation of technical ideas for grain cleaning]. Moscow: VIM. 2006. 72 (In Russian).

8. Aniskin V.I., Zyulin A.N. Razvitie zernoochistitel'noy tekhniki [Development of grain cleaning equipment]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny*. 2005. N1. 6-8 (In Russian).

9. Ul'rikh N.N. U istokov mekhanizatsii predposevnoy podgotovki semyan i posleuborochnoy obrabotki zerna [At the origins of mechanization of pre-sowing seed preparation and post-harvest grain processing]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva*. 1980. N4. 19-21 (In Russian).

10. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M., Shevtsov V.G. Iskhodnye trebovaniya na tekhnologicheskie operatsii v rastenievodstve [Initial requirements for technological operations in crop production]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii*. 2011. Vol. 5. N1. 11-14 (In Russian).

11. Rustam A., Linenko A., Batretdinov I., Tukratov M., Akchurin S. Research of the work of the sieve mill of a grain-cleaning machine with a linear asynchronous drive. *Mathematical Biosciences and Engineering*. 2020. Vol. 17. N4. 4348-4363 (In English).

12. Ul'rikh N.N. Metody agronomicheskoy otsenki effektivnosti mashinnogo sortirovaniya semyan [Methods of agronomic evaluation of the effectiveness of machine seeds sorting]. Trudy VIM. 1961. Vol. 30. 304 (In Russian).

13. Drambi U.D., Saeed N.A., Abubakar L.G., Mohammed A.A., Bashir U. Development and Performance Evaluation of a Pedal Operated Paddy Rice Winnower for Small Scale Rural Farmers in Nigeria. *International Journal of Science and Qualitative Analysis*. 2017. Vol. 3. N8. 37-41 (In English).

14. Mishra A., Sinha J.P., Singh J.K., Tomar B.S. Development of solar powered pneumatic grain/seed cleaning system. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2018. Vol. 88. 1676-1681 (In English).

15. Gregg B., Billups G. Seed conditioning Vol. 1. Management. USA: Science Publishers. 2009. 469 (In English).

16. Okunola A.A., Igbeka J.C., Arisoyin A.G. Development and evaluation of a cereal cleaner. *Journal of Multidisciplinary Engineerring Science and Technology*. 2015. Vol. 2. N6. 1587-1592.

17. Drincha V.M., Tsench Yu.S. Fundamentals and Prospects for the Technologies Development for Post-Harvest Grain Processing and Seed Preparation. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N4. 17-25 (In Russian).

18. Goli A., Khazaei J., Taheri M., Khojamliand A., Sedaghat A. Effect of mechanical damage on soybean germination. *International Academic Journal of Science and Engineering*. 2016. Vol. 3. N10. 48-58 (In English).

19. Govindaraj M., Masilamani P., Asokan D., Rajkumar P., Selvaraju P. Effect of Different Harvesting and Threshing Methods on Seed Quality of Rice Varieties. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2017. Vol. 6. N8. 2375-2383 (In English).

20. Sinha J.P., Pandita V.K. Effect of Threshing Methods on Seed Damage, Germinability and Seedling Vigour in Okra cv. Pusa A-4. *Seed Research*. 2002 Vol. 30. N1. 161-163 (In English).

21. Beylis V.M., Tsench Yu.S., Korotchenya V.M., Starovoytov S.I., Kynev N.G. Tendentsii razvitiya progressivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhniki v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve [Trends in the development of advanced machine technologies and machinery in agricultural production]. *Vestnik VIESH*. 2018. N4(33). 150-156 (In Russian).

22. Tsench Yu.S., Maslov G.G., Trubilin E.G. K istorii razvitiya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [On the history of agricultural machinery development]. Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2018. N3(47). 117-123 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 04.02.2021
The paper was submitted to the Editorial Office on 04.02.2021

Статья принята к публикации 02.03.2021
The paper was accepted for publication on 02.03.2021