

Оценка путей роста эффективности сепарации зернового материала в сеяноочистительном агрегате*

А. В. Бутовченко

Определены основные пути роста эффективности сепарации сыпучего зернового материала в сеяноочистительном агрегате, представляющем собой систему частных технологических операций, позволяющих выделять зерновой материал с заданными технологическими свойствами. Проведён анализ влияния частных технологических операций, протекающих в зерноочистительной машине, на всю систему операций послеуборочной обработки зернового материала. Приведены схемы работы различных сеяноочистительных агрегатов, имеющих в своём составе различный набор машин для получения зернового материала заданного качества. Построена структурная расчётная схема функционирования сеяноочистительных агрегатов. Используя результаты полевых и стендовых испытаний, а также математические модели, адекватность которых была ранее доказана, было проведено моделирование работы различных схем функционирования зерноочистительных агрегатов. По результатам моделирования был проведён экономический анализ работы данных зерноочистительных агрегатов при различных ценах на исходное и очищенное зерно.

Ключевые слова: сепарация, семена, зерно, сеяноочистительный агрегат, фракционирование.

Введение. За последнее время резко увеличился рост численности населения нашей планеты, а также возросло количество потребляемых продуктов на душу населения. Темпы роста человечества во много раз опережают темпы роста производства продуктов питания. Следствием этого является снижение продовольственных запасов некоторых стран. Повысить сбор зерновых культур можно за счёт: выведения и внедрения новых сортов, внесения комплексных микроудобрений, применения влагосберегающей обработки почвы, усовершенствованной системы уборки с применением зерноуборочного комбайна с модернизированной молотилкой и очисткой, снижения микроповреждений семян, подготовки семян с разделением на фракции в сеяноочистительном агрегате.

Повысить эффективность функционирования сеяноочистительного агрегата возможно несколькими путями: изменяя функциональные схемы (последовательные, фракционные) отделения очистки агрегата; повышая эффективность функционирования различных сепараторов (при этом изготавливающие решёта предприятия не готовы на сегодняшний день производить модели со специальной сепарирующей поверхностью); оптимизируя структуры решётных модулей воздушно-решётных машин; при вводе в схему агрегата эффективного отделения первичной очистки; создавая новые воздушно-решётные сеяноочистительные машины с различной технологией перемещения зерновых фракций внутри машины. Предварительный анализ и априорная информация позволили заключить, что наиболее эффективным путём роста эффективности является создание решётных модулей с различными технологиями перемещения фракций внутри машины [1–9].

Решая задачу интенсификации процесса очистки в воздушно-решётной сеяноочистительной машине путём усложнения перемещения зернового материала внутри самой машины, были проанализированы существующие сеяноочистительные машины с различной компоновкой решётных модулей. Результаты математического моделирования и стендовых испытаний показали эффективность функционирования воздушно-решётной сеяноочистительной машины с последовательно-параллельным расположением решёт [10].

* Работа выполнена по теме № 2.2.13 в рамках выполнения госзадания Минобрнауки России в части НИР.

Далее необходимо проанализировать влияние нового решётного модуля на всю систему очистки семян в зерноочистительном агрегате. Используя структурно-параметрический синтез, авторами были разработаны различные схемы зерноочистительных агрегатов (рис. 1). Используя ранее известные и вновь разработанные математические модели (рис. 2), адекватность которых была доказана ранее, а также результаты стендовых и полевых испытаний, был смоделирован процесс функционирования семяочистительных агрегатов, работающих по различным схемам с различными свойствами исходного зернового материала (табл. 1). Результаты моделирования процесса функционирования семяочистительного агрегата представлены на рис. 3.

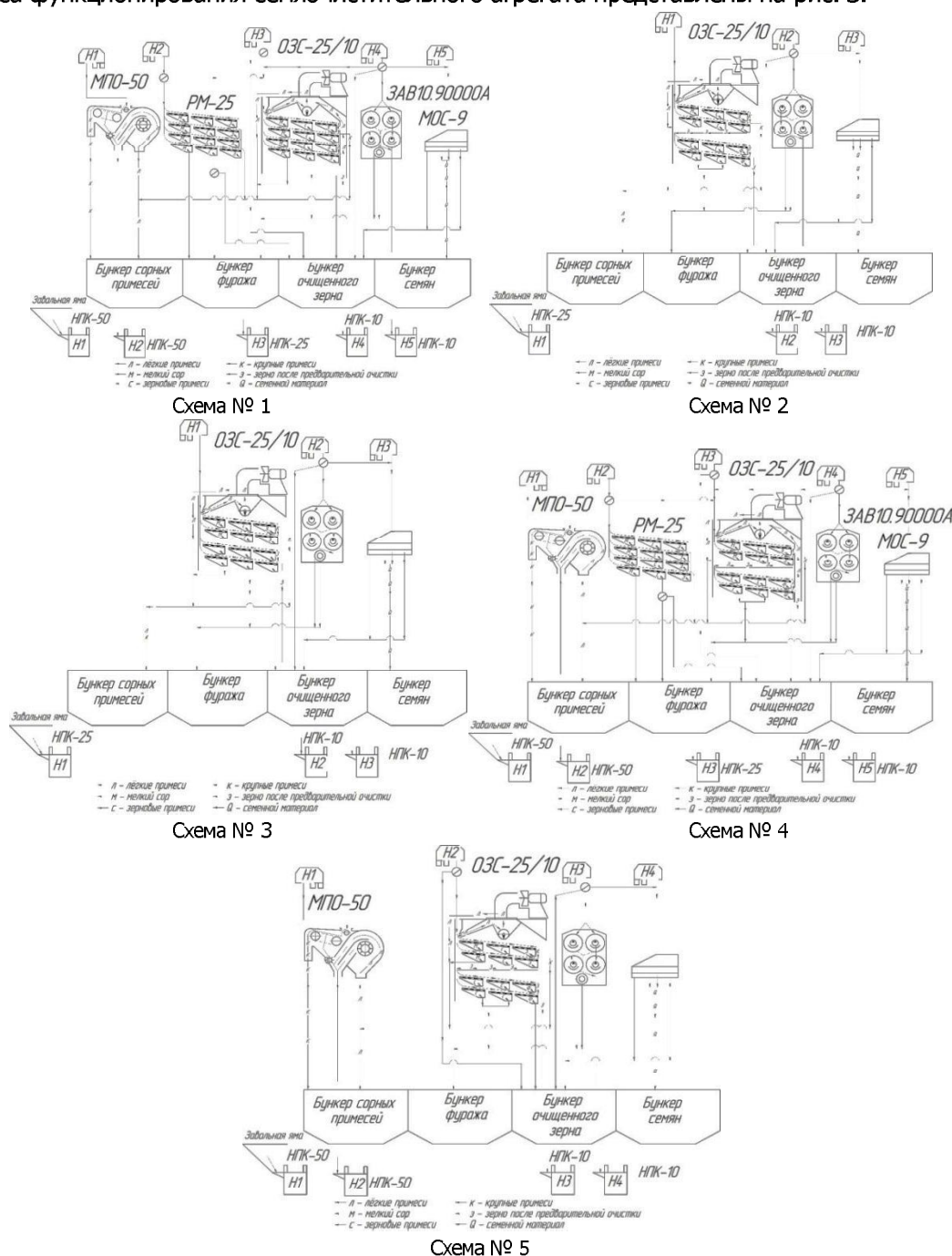


Рис. 1. Варианты функциональных схем семяочистительных агрегатов

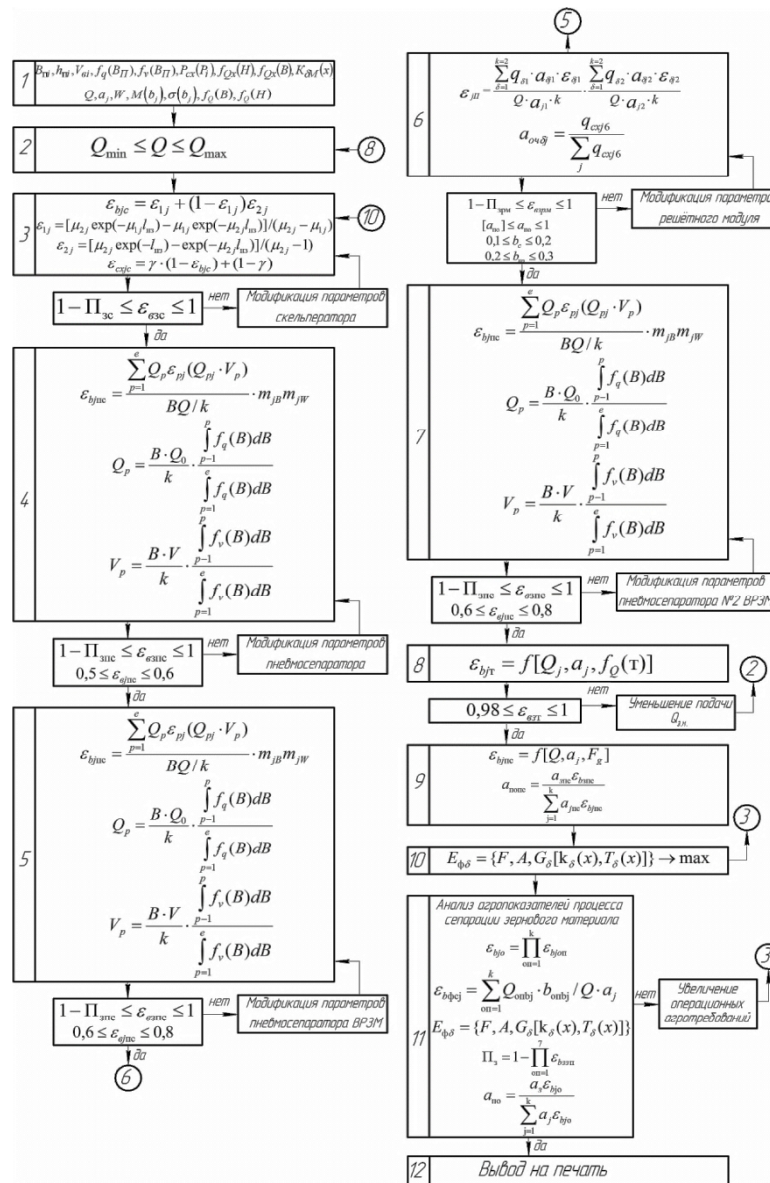


Рис. 2. Структурная расчётная схема функционирования сеяноочистительных агрегатов

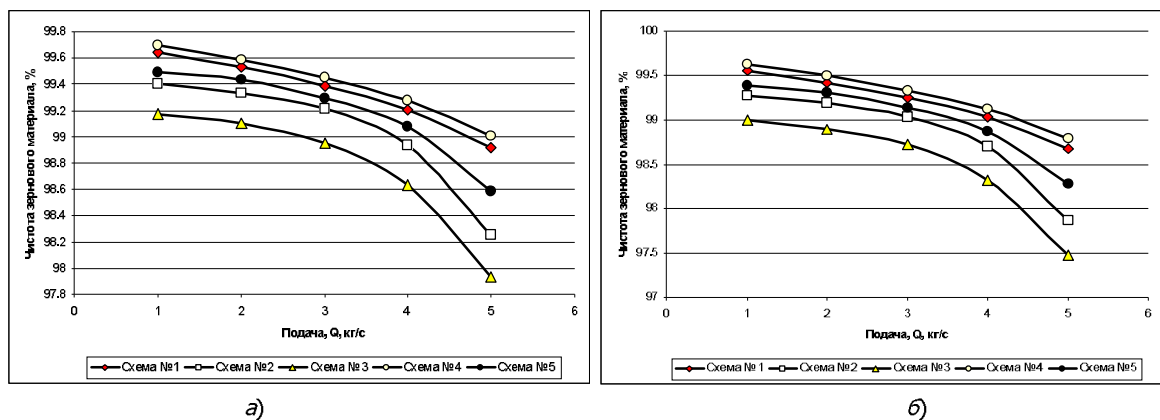


Рис. 3. Чистота зернового материала при работе сеяноочистительных агрегатов по различным схемам при чистоте исходного зернового вороха 89,3 % (а) и чистоте исходного зернового вороха 87,2 % (б)

Таблица 1

Состав исходного зернового вороха

Компонент зернового вороха	Содержание компонента, %	
	состав 1	состав 2
Зерно	89,3	87,4
Зерновые примеси	4,3	6,4
Дроблёная солома	1	1
Колоски	2	2
Семена сорняков	0,2	0,2
Полова	0,1	0,1
Мелкий сор	0,8	0,8
Крупные минеральные примеси	0,2	0,2
Корзинки осота	0,5	0,5
Дикая редька	0,5	0,5
Органические примеси	1,1	1,1

Были проанализированы результаты моделирования с двумя разными составами зернового вороха. Анализ результатов моделирования позволил выявить максимальную производительность агрегатов, при которой соблюдаются агротребования на очистку семенного материала (чистота зернового материала 99 %). Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты моделирования функционирования семяочистительных агрегатов различной конфигурации

Номер схемы	Максимальная производительность семяочистительного агрегата, при соблюдении агротребований, кг/с	
	Состав исходного вороха 1	Состав исходного вороха 2
1	4,74	4,12
2	3,77	3,17
3	2,76	агротребования не выполняются
4	5	4,39
5	4,19	3,63

Экономический анализ работы семяочистительных агрегатов, функционирующих по различным схемам, проводился с использованием кафедральной программы «Экон_расчёт1».

Анализ производился для различных цен исходного и семенного материала. Результаты анализа показали, что прибыль за агросрок (400 часов) от очистки семян, при цене зерна из бункера комбайна — 4500 руб./т и цене семян 22 000 руб./т, чистоте исходного зернового материала 89,3, на серийном агрегате составила — 365,59 млн руб. (схема № 3), на предлагаемом — 669,29 млн руб. (схема № 4). При цене зерна из бункера комбайна — 8000 руб./т и цене семян 18000 руб./т, чистоте исходного зернового материала 89,3, прибыль на серийном агрегате составила — 213,12 млн руб. (схема № 3), на предлагаемом — 391,66 млн руб. (схема № 4). При работе агрегата с зерновым материалом, имеющим в своём составе трудноотделимые зерновые примеси (щуплое и дроблёное зерно) и чистоте исходного зерна 87,2 %, семяочистительный агрегат, работающий по схеме № 3, не позволяет получить качественный семенной материал.

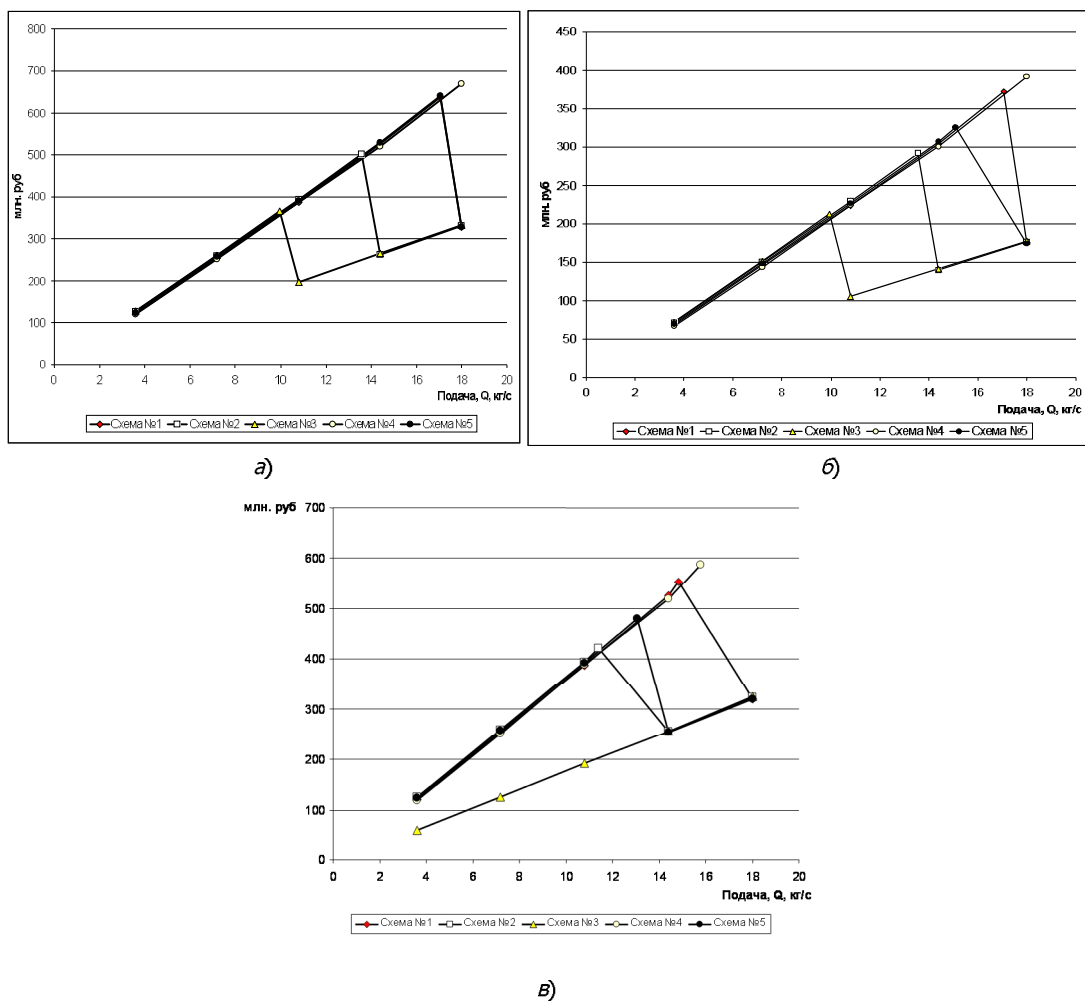


Рис. 4. Прибыль от очистки зерна в агрегате за период агросрока 400 (часов) при стоимости исходного зернового материала 4500 руб./т, стоимости семян 22000 руб./т, чистоте исходного зернового вороха 89,3 (а); 8000 руб./т, стоимости семян 18500 руб./т, чистоте исходного зернового вороха 89,3 (б); 4500 руб./т, стоимости семян 22000 руб./т, чистоте исходного зернового вороха 87,2 (в)

Заключение. Полученные новые закономерности результатов моделирования функционирования семяочистительных агрегатов при различном составе исходного зернового вороха, имеющих различные схемы компоновки машинами, а также экономический анализ их функционирования, при широкой вариации стоимости исходного и конечного продукта, позволили выявить наиболее эффективную систему машин для получения семенного материала (схема № 4 рис. 2). Она должна иметь в своём составе машину предварительной очистки зерна, решётный фракционер, воздушно-решётную машину, триерные блоки и пневмостол.

Библиографический список

1. Оценка основных закономерностей функционирования подсистемы «решётный ярус — пневмосепаратор воздушно-решётной зерноочистительной машины» / Ю. И. Ермольев [и др.] // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2011. — Т. 11, № 4 (55). — С. 480–488.
2. Моделирование процесса фракционной очистки зерна в зерноочистительном агрегате / Ю. И. Ермольев [и др.] // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2010. — Т. 10, № 3 (46). — С. 386–396.
3. Ермольев, Ю. И. Моделирование процесса сепарации зерна в воздушно-решётной зерноочистительной машине / Ю. И. Ермольев, А. В. Бутовченко, А. И. Мартыненко // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2008. — Т. 8, № 3 (38). — С. 324–333.

4. Моделирование процесса сепарации зернового вороха в вертикальном пневмоканале / Ю. И. Ермольев [и др.] // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2012. — № 7 (68). — С. 90–98.
5. Бутовченко, А. В. Повышение производительности сеяноочистительного агрегата / А. В. Бутовченко, А. А. Дорошенко // Известия Самарского научного центра РАН. — 2013. — Т. 15, № 4 (2). — С. 503–506.
6. Бутовченко, А. В. Моделирование процесса сепарации подсолнечника в воздушно-решётной зерноочистительной машине / А. В. Бутовченко, А. А. Дорошенко, Д. А. Аль-Саади // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: мат-лы 6-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 16-й междунар. агропром. выставки «Интераргомаш-2013». — Ростов-на-Дону, 2013. — С. 89–97.
7. Ермольев, Ю. И. Фракционирование семенного материала в сеяноочистительном агрегате / Ю. И. Ермольев, А. В. Бутовченко, А. И. Шубин // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: мат-лы 6-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 16-й междунар. агропром. выставки «Интераргомаш-2013». — Ростов-на-Дону, 2013. — С. 23–25.
8. Бутовченко, А. В. Фракционные технологии очистки биологических материалов в зерноочистительном агрегате / А. В. Бутовченко // Инновация, экология и ресурсосберегающие технологии (ИНЭРТ-2012): тр. X Междунар. науч.-техн. форума [Электронный ресурс]. — Ростов-на-Дону, 2012. — С. 737–742.
9. Проектирование технологических процессов и воздушно-решётных и решётных зерноочистительных машин / Ю. И. Ермольев [и др.]. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2010. — 638 с.
10. Бутовченко, А. В. Высокотехнологичный сеяноочистительный агрегат / А. В. Бутовченко // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2012. — № 3. — С. 16–21.

Материалы поступили в редакцию 24.12.2013.

References

1. Yermolyev, Y. I., Butovchenko, A. V., Shaforostov, V. D., Priponov, I. E. Otsenka osnovnykh zakonomernostey funktsionirovaniya podsystemy «reshetnyy yarus — pnevmoseparator vozduшно-reshetnoy zernoochistitel'noy mashiny». [Assessment of operation basic trends of screen tier-pneumoseparator of air-and-screen cleaner subsystems.] Vestnik of DSTU, 2011, vol. 11, no. 4 (55), pp. 480–488 (in Russian).
2. Yermolyev, Y. I., Butovchenko, A. V., Kochkin, M. Y., Lukinov, G. I. Modelirovaniye protsessa fraktsionnoy ochistki zerna v zernoochistitel'nom agregate. [Fractional grain separation process modeling in the grain cleaning aggregate.] Vestnik of DSTU, 2010, vol. 10, no. 3 (46), pp. 386–396 (in Russian).
3. Yermolyev, Y. I., Butovchenko, A. V., Martynenko, A. I. Modelirovaniye protsessa separatsii zerna v vozduшно-reshetnoy zernoochistitel'noy mashine. [Grain separation process modeling in air-lattice grain-cleaner.] Vestnik of DSTU, 2008, vol. 8, no. 3 (38), pp. 324–333 (in Russian).
4. Yermolyev, Y. I., Butovchenko, A. V., Belov, S. V., Doroshenko, A. A. Modelirovaniye protsessa separatsii zernovogo vorokha v vertikal'nom pnevmokanale. [Simulation of grain pile separation in vertical pneumatic passage.] Vestnik of DSTU, 2012, no. 7 (68), pp. 90–98 (in Russian).
5. Butovchenko, A. V., Doroshenko, A. A. Povysheniye proizvoditelnosti semyaochistitel'nogo agregata. [Efficiency improving of seed refiner.] Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, 2013, vol. 15, no. 4 (2), pp. 503–506 (in Russian).
6. Butovchenko, A. V., Doroshenko, A. A., Al-Saadi, D. A. Modelirovaniye protsessa separatsii podsolnechnika v vozduшно-reshetnoy zernoochistitel'noy mashine. [Sunflower separation process modeling in air-lattice grain-cleaner.] Sostoyaniye i perspektivy razvitiya selskokhozyaystvennogo mashinostroyeniya : materialy 6-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v ramkakh 16-y mezhdunar. agroпром.

vystavki «Interargomash-2013». [State and prospects of agricultural engineering development: Proc. VI Int. Sci.-Pract. Conf. as a part of XVI Int. agricultural exhibition «Interargomash-2013».] Rostov-on-Don, 2013, pp. 89–97 (in Russian).

7. Yermolyev, Y. I., Butovchenko, A. V., Shubin, A. I. Fraktsionirovaniye semennogo materiala v semyaochistitelnom agregate. [Seed grain fractionation in seed refiner.] Sostoyaniye i perspektivy razvitiya selskokhozyaystvennogo mashinostroyeniya : materialy 6-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v ramkakh 16-y mezhdunar. agroprom. vystavki «Interargomash-2013». [State and prospects of agricultural engineering development: Proc. VI Int. Sci.-Pract. Conf. as a part of XVI Int. agricultural exhibition «Interargomash-2013».] Rostov-on-Don, 2013, pp. 23–25 (in Russian).

8. Butovchenko, A. V. Fraktsionnyye tekhnologii ochistki biologicheskikh materialov v zernoochistitelnom agregate. [Fractional technologies of biomaterial purification in grain-cleaner.] Innovatsiya, ekologiya i resursosberegayushchiye tekhnologii (InERT-2012) : tr. X Mezhdunar. nauch.-tekhn. foruma. [Innovation, ecology, and resource-saving technologies (InERT-2012): Proc. X Int. Sci.-Tech. Forum.] Rostov-on-Don, 2012, pp. 737–742 (in Russian).

9. Yermolyev, Y. I., Butovchenko, A. V., Moskovskiy, M. N., Shelkov, M. V. Proyektirovaniye tekhnologicheskikh protsessov i vozdushno-reshetnykh i reshetnykh zernoochistitelnykh mashin. [Designing of technological processes, and air-screen and sieve grain-cleaning machines.] Rostov-on-Don : DSTU Publ. Centre, 2010, 638 p. (in Russian).

10. Butovchenko, A. V. Vysokotekhnologichnyy semyaochistitelnyy agregat. [High-technology seed refiner.] Vestnik of DSTU, 2012, no. 3, pp. 16–21 (in Russian).

ESTIMATING EFFICIENCY INCREASE PATTERNS OF GRAIN MATERIAL SEPARATION IN SEED REFINER*

A. V. Butovchenko

The main ways of increasing the bulk separation efficiency in the seed refiner which is a system of the particular technological operations allowing selecting grain material with the tailored properties are determined. The impact of the particular technological operations proceeding in the seed purifier on the entire system of the postharvest handling of the grain material is analysed. Operation schemes of various seed-cleaning units containing a specified set of machines for processing the grain material of the program quality are presented. A structural design model of the seed refiner performance is developed. Using the results of the field and bench testing, as well as the mathematical models whose adequacy has been earlier proved, the functioning of the various schemes of grain cleaning machines is simulated. An economic analysis of the seed refiner performance data based on the simulation results is made at various prices on the original and refined grain.

Keywords: separation, seeds, grain, seed refiner, fractionation.

* The research is done on 2.2.13 theme within the frame of the government task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in R&D.