

УДК 631.362

doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.128-133

## Исследование второго пневмосепарирующего канала машины предварительной очистки зерна МПО-30Р «ВЕЛЕС»

А.А. Глушков, Ю.В. Сычуглов, В.А. Лазыкин

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

*В 2017 году в Кировской области проведено исследование второго пневмосепарирующего канала (ПСК) машины МПО-30Р «ВЕЛЕС», предназначенной для предварительной первичной и вторичной очистки поступающего с поля зернового вороха колосовых, крупяных, зернобобовых культур, кукурузы, сорго, подсолнечника от примесей во всех сельскохозяйственных зонах страны. Целью исследования являлось изучение влияния конструктивных и технологических параметров данного канала на эффект очистки зернового материала от легких примесей и определения их оптимальных значений. Экспериментальные исследования проводили по общепринятым методикам на трёх режимах работы: предварительной, первичной и вторичной очистках зерна. В результате исследований пневмосепарирующего канала серийно выпускаемой машины МПО-30Р «ВЕЛЕС» выявлено, что наличие deflectорных стержней в нижней части канала снижает средние скорости воздушного потока, увеличивает неравномерность поля скоростей в зоне сепарации, что приводит к ухудшению качества очистки зернового материала. Эффект очистки зернового материала от легких примесей при установке deflectорных стержней снижается на 12,8% в режиме предварительной очистки, 8,8% в режиме первичной очистки и 2,7% в режиме вторичной. Исследованиями пневмосепарирующего канала с измененной прямолинейной нижней частью (без deflectорных стержней) установлено, что при увеличении глубины нижней части канала от 0,13 до 0,16 м эффект очистки зернового материала от легких примесей в режиме предварительной очистки возрастает на 8,0%, в режиме первичной очистки – на 3,8%, в режиме вторичной – на 7,4% при сравнительно одинаковых потерях полноценного зерна в отходы. Таким образом, с учетом максимальных значений эффекта очистки зернового материала от легких примесей нижняя часть пневмосепарирующего канала должна быть выполнена прямолинейной, наклонной под углом 13° к вертикали, без deflectорных стержней. Глубина нижней части канала с учетом максимальной производительности вентилятора (2,14 м<sup>3</sup>/с) и необходимой средней скорости воздушного потока в ПСК при вторичной очистке зерна (8,0 м/с) должна составлять 130 мм.*

**Ключевые слова:** зерно, зерноочистительная машина, пневмосистема, эффект выделения легких примесей, потери полноценного зерна в отходы

Машина МПО-30Р «ВЕЛЕС» предназначена для предварительной очистки поступающего с поля зернового вороха колосовых, крупяных, зернобобовых культур, кукурузы, сорго, подсолнечника, а также для первичной и вторичной очистки зерна этих культур от примесей во всех сельскохозяйственных зонах страны [1, 2, 3]. В ходе эксплуатации данных машин в различных регионах Российской Федерации у некоторых хозяйств появились претензии к работе второго пневмосепарирующего канала (ПСК), а именно нехватке скорости воздушного потока для выделения легких примесей и низкой эффективности их выделения.

В результате замеров скоростей воздушного потока в зоне сепарации второго ПСК серийной машины МПО-30Р «ВЕЛЕС» установлено, что значения скоростей и расходов воздуха не в полной мере соответствуют для работы пневмосистемы при очистке зерновых и зернобобовых культур, особенно в режимах первичной и вторичной очистки.

**Цель исследований** – изучить влияние конструктивных и технологических параметров второго ПСК машины предварительной очистки зерна МПО-30Р «ВЕЛЕС» на эффект очистки зернового материала от легких примесей и определить оптимальные значения изучаемых параметров.

**Материал и методы.** Экспериментальные исследования второго ПСК машины предварительной очистки зерна МПО-30Р «ВЕЛЕС» проводили по общепринятым методикам [4, 5] на модели пневмосистемы, имеющей ширину проточной части 0,3 м и натуральные размеры в продольно-вертикальной плоскости, на трёх режимах работы: предварительной, первичной и вторичной очистке зерна яровой пшеницы Иргина с удельной подачей  $q$ , равной 7,0; 3,5 и 1,75 кг/(с·м), что соответствовало производительности машины 30,0; 15,0 и 7,5 т/ч [6, 7].

Схемы второго ПСК серийно выпускаемой машины МПО-30Р «ВЕЛЕС», а также ПСК с измененной нижней частью представлены на рисунке 1. Очищаемым материалом являлась смесь семян яровой пшеницы Иргина с древесным опилом (лёгкие примеси) при предварительной и первичной очистке и с мелкой фракцией овса (проход через решето с продолговатыми отверстиями шириной 1,7 мм – тяжёлые примеси) при вторичной очистке.

Вариационные кривые скорости витания семян пшеницы и примесей представлены на рисунке 2, из которых видно, что лёгкие примеси (1) теоретически могут быть выделены полностью без потерь полноценного зерна, а тяжёлые (2) при потерях полноценного зерна до 1,0% – частично (35...40%).

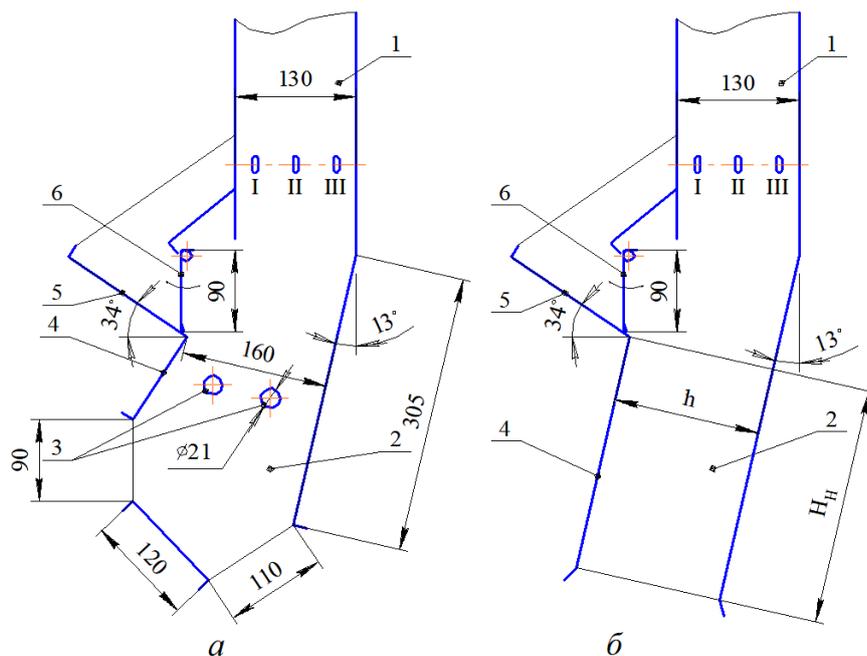


Рис. 1. Схема второго пневмосепарирующего канала:

***a*** – серийно выпускаемой машины МПО-30Р «ВЕЛЕС»; ***б*** – с измененной нижней частью;  
**1** – пневмосепарирующий канал; **2** – нижняя часть ПСК; **3** – дефлекторный стержень;  
**4** – стенка ПСК; **5** – скатная доска; **6** – заслонка

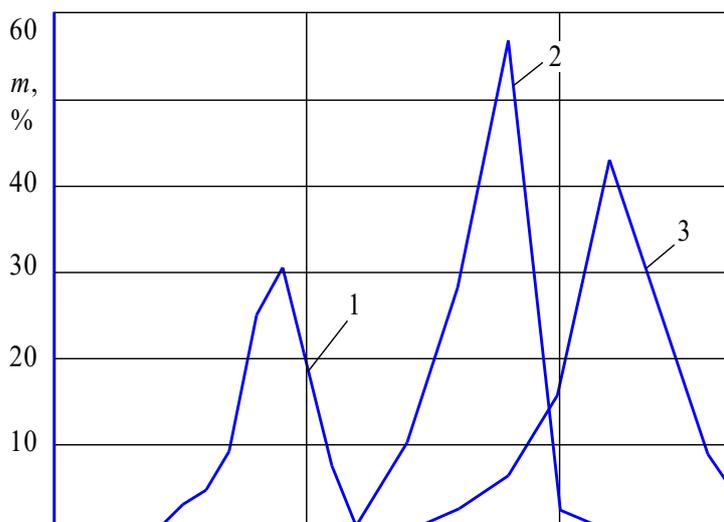


Рис. 2. Вариационные кривые распределения компонентов зерновой смеси по скорости  $v_{вит}$  витания: **1** – древесный опил; **2** – мелкий овес; **3** – пшеница

Влажность исходного материала при первичной и вторичной очистке составляла 14%, при предварительной очистке материал увлажняли до 24% по известной методике [8, 9, 10]. При предварительной очистке в исходном материале содержалось 5,0% лёгких примесей, при первичной очистке – 3,0%, при вторичной очистке тяжёлые примеси составляли 3,0%.

Настройку скоростного режима второго ПСК осуществляли с помощью дроссельной заслонки по допустимым потерям  $P_3$  полноценного зерна в отходы: при предварительной

очистке – 0,05%, при первичной очистке – 0,5%, при вторичной – 1,0%. Опыты проводили в трёхкратной повторности. Масса навески составляла 15 кг.

**Результаты и их обсуждение.** Исследование качества работы второго пневмосепарирующего канала серийно выпускаемой машины МПО-30Р «ВЕЛЕС», представленного на рисунке 1*a*, проводили с установленными в нижней части ПСК 2 дефлекторными стержнями 3, а также без них. Результаты исследований представлены в таблице.

Установлено, что на всех режимах работы второго канала максимальные значения эффекта  $E$  очистки зернового материала от легких примесей достигались в опытах, проведенных без установленных в нижней части ПСК 2 дефлекторных стержней 3, при относительно одинаковых потерях  $P_3$  полноцен-

ного зерна в отходы. Более высокие значения  $E$  при отсутствии стержней обусловлены увеличением полезной глубины  $h$  канала от 0,12 до 0,16 м (времени взаимодействия зернового и воздушного потоков), а также меньшей неравномерностью воздушного потока (рис. 3).

Таблица

Результаты исследований второго пневмосепарирующего канала серийно выпускаемой машины МПО-30Р «ВЕЛЕС»

Показатель	Режим работы					
	предварительная очистка		первичная очистка		вторичная очистка	
	без стержней	со стержнями	без стержней	со стержнями	без стержней	со стержнями
Эффект $E$ очистки, %	82,5	69,7	88,5	79,7	34,3	31,6
Потери $P_3$ полноценного зерна в отходы, %	0,050	0,043	0,47	0,56	1,01	1,13

При предварительной очистке наблюдались сильные перекосы эпюр скоростей по глубине канала как при работе вхолостую, так и при удельной подаче зернового материала 7,0 кг/(с·м). При работе ПСК без дефлекторных стержней вхолостую (рис. 3, а) средняя скорость воздушного потока составила  $V = 7,42$  м/с, а коэффициент вариации скорости по глубине канала  $\mu_{гп} = 0,41$ . При работе ПСК под нагрузкой перекося эпюры скоростей воздушного потока усиливался, средняя скорость воздушного потока снижалась до  $V = 6,26$  м/с, а коэффициент вариации скорости возрастал до  $\mu_{гп} = 0,71$ .

Аналогичная картина наблюдалась при работе ПСК с дефлекторными стержнями (рис. 3, б). Средняя скорость воздушного потока и коэффициент вариации скорости составили  $V = 6,32$  м/с,  $\mu_{гп} = 0,71$  при работе ПСК вхолостую и  $V = 6,09$  м/с,  $\mu_{гп} = 0,89$  при работе ПСК под нагрузкой 7,0 кг/(с·м). В сравнении с первым вариантом неравномерность воздушного потока увеличилась. Кроме того, при наличии дефлекторных стержней в ПСК снижалась средняя скорость воздушного потока в ПСК на 1,1 м/с при холостом режиме и на 0,2 м/с при очистке зернового материала.

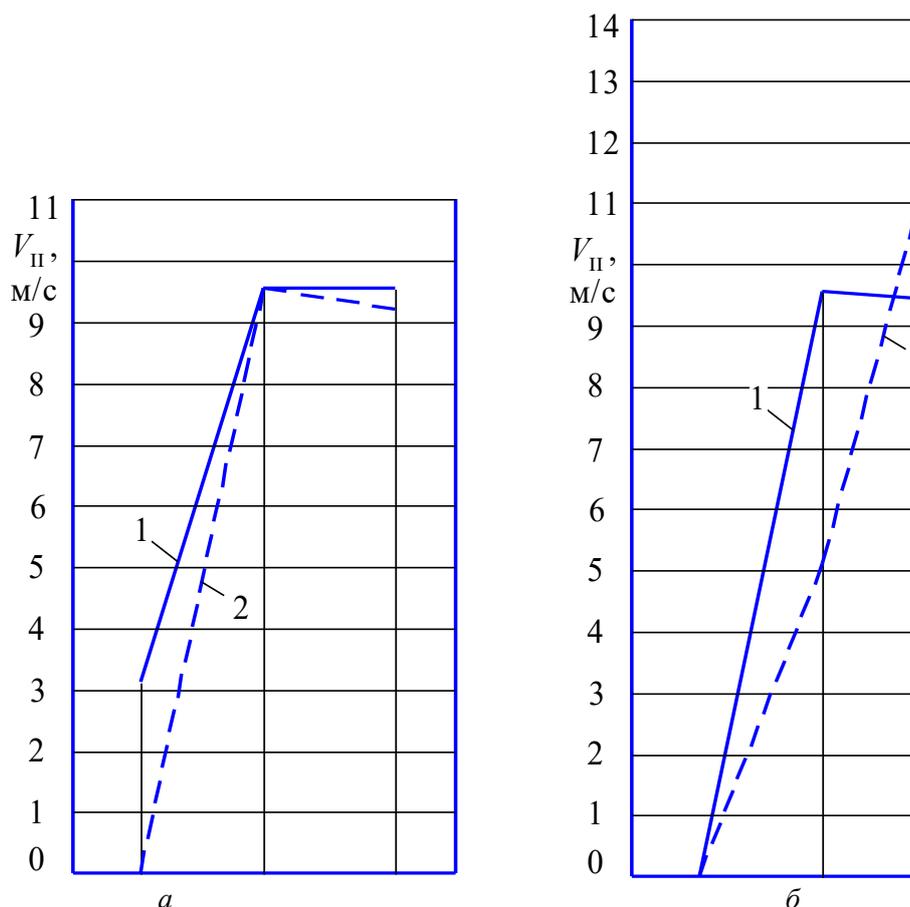
При работе второго ПСК в режиме вторичной очистки без дефлекторных стержней средняя скорость воздушного потока и коэффициент вариации скорости составили  $V = 8,16$  м/с,  $\mu_{гп} = 0,44$  при работе ПСК вхолостую и  $V = 7,79$  м/с,  $\mu_{гп} = 0,45$  при работе ПСК под нагрузкой 1,75 кг/(с·м). Скорость воздушного потока под воздействием зернового материала снизилась на 0,37 м/с, а его неравномерность осталась на прежнем уровне.

При работе ПСК с дефлекторными стержнями средняя скорость воздушного потока и коэффициент вариации скорости составили  $V = 7,28$  м/с,  $\mu_{гп} = 0,71$  при работе ПСК вхолостую и  $V = 7,42$  м/с,  $\mu_{гп} = 0,71$  при работе ПСК под нагрузкой 1,75 кг/(с·м). Более высокая неравномерность воздушного потока обусловлена увеличенными скоростями, необходимыми при вторичной очистке зерна.

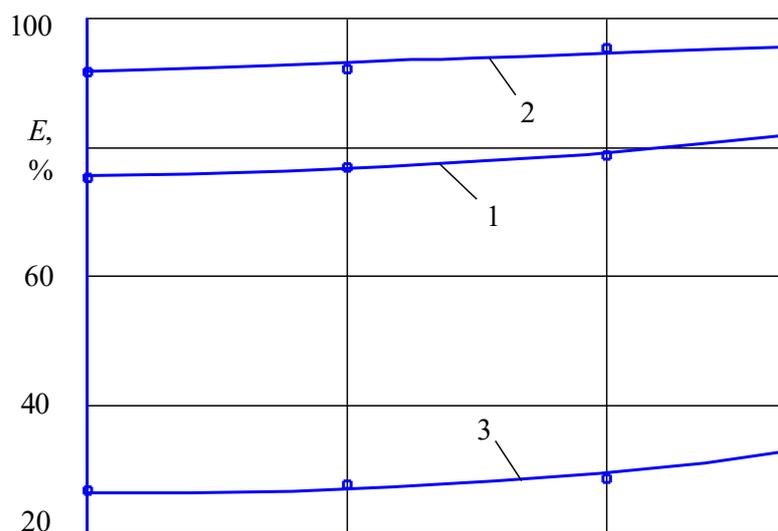
Таким образом, в обоих режимах работы ПСК (предварительной и вторичной очистке зерна) установка дефлекторных стержней в нижней части канала снижала средние скорости воздушного потока, увеличивала неравномерность поля скоростей в зоне сепарации, что привело к ухудшению качества очистки зернового материала.

Следует также отметить, что наиболее высокие значения эффекта  $E$  очистки зернового материала достигались без дефлекторных стержней при условии создания необходимой скорости воздушного потока в зоне сепарации, т.е. при увеличении расходов воздуха ( $h = 0,16$  м) примерно на 25%.

Исследование качества работы второго пневмосепарирующего канала с измененной нижней частью, представленного на рисунке 1б, проводили на его модели при изменении глубины  $h$  нижней части ПСК от 0,13 до 0,16 м. Стенки канала установлены параллельно друг другу и под углом  $13^\circ$  к вертикали. Изменение глубины нижней части ПСК осуществляли путем перестановки стенки 4. Высота  $H_H$  нижней части ПСК составляла 0,26 м. Результаты исследований представлены на рисунке 4.



*Рис. 3.* Эпюры скоростей воздушного потока по глубине второго ПСК серийно выпускаемой машины МПО-30Р «ВЕЛЕС» при работе его в режиме предварительной очистки: *a* – без дефлекторных стержней; *б* – с дефлекторными стержнями; 1 – при работе вхолостую; 2 – при удельной подаче зернового материала 7,0 кг/(с·м)



*Рис. 4.* Зависимости эффекта *E* очистки зернового материала от глубины *h* нижней части ПСК в режимах: 1 – предварительной очистки; 2 – первичной очистки; 3 – вторичной очистки

Анализ полученных зависимостей показал, что на всех режимах работы канала максимальные значения эффекта *E* очистки зернового

материала от легких примесей достигались при глубине *h* нижней части ПСК 0,16 м. При увеличении *h* от 0,13 до 0,16 м эффект *E* очистки

зернового материала от легких примесей в режиме предварительной очистки возрастал на 8,0% (от 75,4 до 83,4%); в режиме первичной очистки – на 3,8% (от 92,1 до 95,9%); в режиме вторичной – на 7,4% (от 27,6 до 35,0%) при сравнительно одинаковых потерях полноценного зерна в отходы. Высокие значения эффекта очистки при предварительной и первичной очистках и низкие при вторичной очистке обусловлены малыми скоростями витания древесного опила и значительными мелкого овса (рис. 2).

При окончательном выборе конструктивного параметра  $h$ , кроме эффекта  $E$  очистки зерна, следует учитывать максимальную производительность вентилятора и необходимую среднюю скорость воздушного потока в ПСК при вторичной очистке зерна пшеницы. Исследованиями было установлено, что средняя скорость воздушного потока выше места ввода на 0,25 м (поперечное сечение 1200×130 мм) при вторичной очистке зерна пшеницы составила 8,9 и 7,7 м/с при глубине нижней части канала 160 и 130 мм соответственно и 9,9 и 8,2 м/с на холостом ходу. Проектная производительность вентилятора на холостом режиме работы пневмосистемы машины МПО-30Р «ВЕЛЕС» составляет 2,1 м<sup>3</sup>/с. Принимая во внимание необходимый объем воздуха, для работы первого ПСК 0,8 м<sup>3</sup>/с (скорость  $V_1 = 6,0$  м/с) на второй ПСК остаётся 1,3 м<sup>3</sup>/с. При глубине канала  $h = 130$  мм скорость воздушного потока  $V_2$  составит ориентировочно 8,0 м/с. С учётом этого глубину второго ПСК следует принять  $h = 130$  мм.

**Выводы.** В результате исследований второго пневмосепарирующего канала машины предварительной очистки зерна МПО-30Р «ВЕЛЕС» выявлено:

- в серийно выпускаемой машине установка дефлекторных стержней в нижней части пневмосепарирующего канала снижала средние скорости воздушного потока, увеличивала неравномерность поля скоростей в зоне сепарации, что привело к ухудшению качества очистки зернового материала;

- с учетом максимальных значений эффекта  $E$  очистки зернового материала от легких примесей нижняя часть пневмосепарирующего канала должна быть выполнена прямолинейной, наклонной под углом 13° к вертикали, без дефлекторных стержней;

- глубина нижней части канала с учетом максимальной производительности вентилятора 2,14 м<sup>3</sup>/с и необходимой средней скорости воздушного потока в ПСК при вторичной очистке зерна 8,0 м/с должна составлять 130 мм.

#### Список литературы

1. Сысуев В.А., Сычугов Н.П., Савиных П.А., Сычугов Ю.В. Машина МПО-30Р «ВЕЛЕС» и ее место на комплексе по очистке и сушке зерна // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. Т.2. С. 172-181.
2. Сычугов Н.П., Сычугов Ю.В., Исапов В.И. Машины, агрегаты и комплексы послуборочной обработки зерна и семян трав: монография / под ред. Н.П. Сычугова. Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2015. 404 с., ил.
3. Сычугов Ю.В. Модернизация объектов послуборочной обработки зерна: монография. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2015. 188 с.
4. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М.: Колос, 1973. 199 с.
5. Завалишин Ф.С., Мацнев М.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. М.: Колос, 1982. 231 с.
6. Бурков А.И. Разработка и совершенствование пневмосистем зерноочистительных машин. Киров: ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», 2016. 380 с., ил.
7. Бурков А.И., Сычугов Н.П. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 261 с.
8. Баум А.Е., Резчиков В.А. Сушка зерна. М.: Колос, 1983. 223 с.
9. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. М.: Колос, 1980. 671 с.
10. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. М.: КолосС, 2004. 624 с.

#### Сведения об авторах:

Глушков Андрей Леонидович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: glandrey@yandex.ru,

Сычугов Юрий Вячеславович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Лазыкин Виктор Алексеевич, кандидат технических наук, младший научный сотрудник

ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail:priemnaya@fanc-sv.ru

**Research of the second pneumoseparating channel of the machine MPO-30R «VELES»****A. L. Glushkov, Yu.V. Sychugov, V.A. Lazykin***Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation*

In 2017 in the Kirov region the research of the second pneumoseparating channel of the machine MPO-30R «VELES» intended for preliminary cleaning of the grain heap of grain crops, cereals, legumes, maize, sorghum, sunflower, as well as for primary and secondary clearing of the grain of these crops from impurities in all agricultural zones of the country was carried out. This was done in order to study the impact of structural and technological parameters of this channel on the effect of cleaning the grain material from light impurities and determining the optimal values of the parameters studied. Experimental studies were carried out by conventional methods in three modes: preliminary, primary and secondary cleaning of grain. As a result of the research of the pneumoseparating channel of the mass-produced machine MPO-30R «VELES» it has been established that installation of deflector rods in the lower part of the channel reduces average speeds of an air stream, increases unevenness of a field of speeds in the separation zone that leads to deterioration of cleaning quality of the grain material. The effect of cleaning the grain material from light impurities when installing deflector rods is reduced by 12.8% in the pre-cleaning mode, by 8.8% in the primary cleaning mode and by 2.7% in the secondary cleaning mode. Research of the pneumoseparating channel with a modified bottom part proved that with increasing depth of the bottom of the channel from 0.13 to 0.16 m the effect of cleaning of the grain material from light impurities in the mode of preliminary cleaning increased by 8.0 %; of primary cleaning – by 3.8 % and of the secondary cleaning - by 7.4% with a relatively equal loss of high-grade grain to waste. Thus, taking into account the maximum values of the effect of cleaning the grain material from light impurities, the lower part of the pneumoseparating channel should be made straight, inclined at an angle of 13° to the vertical, without deflector rods. The depth of the lower part of the channel, taking into account the maximum capacity of the fan (2.14 m<sup>3</sup>/s) and the required average speed of the air flow in the pneumoseparating channel for the secondary cleaning of grain (8.0 m/s) should be 130 mm.

**Key words:** *grain, grain cleaning machine, pneumatic system, the effect of light impurities excretion, loss of high-grade grain in the waste*

**References**

1. Sysuev V.A., Sychugov N.P., Savinykh P.A., Sychugov Yu.V. *Mashina MPO-30R «VELES» i ee mesto na komplekse po ochistke i sushke zerna.* [Machine MPO-30R "VELES" and its place in the complex for cleaning and drying grain]. *Nauchno-tekhnicheskiy progress v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve: materialy Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.* [Scientific and technical progress in agricultural production: Proceedings of the International scientific and technical conference]. Minsk: NPTs NAN Belarusi po mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva, 2014. Vol. 2. pp. 172-181.
2. Sychugov N.P., Sychugov Yu.V., Isupov V.I. *Mashiny, agregaty i komplekсы posleuborochnoy obrabotki zerna i semyan trav: monografiya.* [Machines, aggregates and complexes of post-harvest processing of grain and grass seeds: monograph]. *Pod red. N.P. Sychugova.* Kirov: izd-vo OOO «VESI», 2015. 404 p.
3. Sychugov Yu.V. *Modernizatsiya ob"ektov posleuborochnoy obrabotki zerna: monografiya.* [Modernization of objects of post-harvest grain processing: monograph]. Kirov: FGBOU VO Vyatskaya GSKhA, 2015. 188 p.
4. Vedenyapin G.V. *Obshchaya metodika eksperimental'nogo issledovaniya i obrabotki opytnykh dannyyh.* [General method of experimental research and processing of experimental data]. Moscow: Kolos, 1973. 199 p.
5. Zavalishin F.S., Matsnev M.G. *Metody issledovaniy po mekhanizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva.* [Methods of research of the mechanization of agricultural production]. Moscow: Kolos, 1982. 231 p.
6. Burkov A.I. *Razrabotka i sovershenstvovanie pnevmosistem zernoochistitel'nykh mashin.* [Development and improvement of pneumatic systems of grain cleaning machines]. Kirov: FGBNU «NIISKh Severo-Vostoka», 2016. 380 p.
7. Burkov A.I., Sychugov N.P. *Zernoochistitel'nye mashiny. Konstruktsiya, issledovanie raschet i ispytanie.* [Grain cleaning machines. Construction, research calculation and testing]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2000. 261 p.
8. Baum A.E., Rezchikov V.A. *Sushka zerna.* [Drying the grain]. Moscow: Kolos, 1983. 223 p.
9. Klenin N.I., Sakun V.A. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny: Elementy teorii rabochikh protsessov, raschet regulirovochnykh parametrov i rezhimov raboty.* [Agricultural machines: Elements of the theory of work processes, calculation of adjusting parameters and operating modes]. Moscow: Kolos, 1980. 671 p.
10. Khalanskiy V.M., Gorbachev I.V. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny.* [Agricultural machines]. Moscow: Kolos, 2004. 624 p.

**Information about the authors:**

A.L. Glushkov, PhD in Engineering, senior researcher, e-mail: glandrey@yandex.ru,  
 Yu.V. Sychugov, DSc in Engineering, chief researcher,  
 V.A. Lazykin, PhD in Engineering, junior researcher

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru