

11. Bagaev A.A., Chernus R.S. Statisticheskie kharakteristiki moshchnosti elektricheskogo dvigatelya tsentrobezhnogo raskhodomera sypuchikh selskokhozyaystvennykh materialov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 10 (120). – S. 108-113.

12. Bagaev A.A., Lukyanov V.G., Chernus R.S. Rezultaty matematicheskogo modelirovaniya krutyashchego momenta tsentrobezhnogo rskhodomera zerna i produktov ego razmola // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 6 (56). – S. 54-57.

13. Bagaev A.A., Chernus R.S. Uravnenie regressii momenta soprotivleniya tsentrobezhnogo raskhodomera sypuchikh selskokhozyaystvennykh

materialov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 6 (68). – S. 83-87.

14. Bagaev A.A., Chernus R.S. Obosnovanie kriteriya vybora elektrodvigatelya tsentrobezhnogo raskhodomera sypuchikh selskokhozyaystvennykh produktov // Polzunovskiy vestnik. – 2011. – № 2/1. – S. 188-193.

15. Bagaev A.A., Chernus R.S. Metod izmereniya momenta na valu v funktsii toka statora privodnogo asinkhronnogo elektrodvigatelya // Sbornik nauchnykh statey mezhdunarodnoy konferentsii «Lomonosovskie chteniya na Altae: fundamentalnye problemy nauki i obrazovaniya». – Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2015. – S. 625-631.



УДК 631.362

**Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов, С.А. Черкашин**  
N.I. Strikunov, S.V. Lekanov, S.A. Cherkashin

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЦЕВОГО КАНАЛА ВЫХОДА ОЧИЩЕННОГО ЗЕРНА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВОЗДУШНОГО СЕПАРАТОРА

### SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF THE ANNULAR CHANNEL CLEANED GRAIN DISCHARGE IN A CENTRIFUGAL AIR SEPARATOR

**Ключевые слова:** очистка зерна, пневмосепарация, кольцевой канал, разбрасывающая тарелка, зерноочистительная машина, зерновой материал.

Разработано устройство выпуска очищенного кольцевым пневмоканалом зерна с применением транспортирующей скребковой системы. Приведено описание работы системы выпуска очищенного зерна. Дано обоснование основных конструктивно-кинематических и энергетических параметров устройства. Показано, что при работе центробежного воздушного сепаратора, как самостоятельной зерноочистительной машины, он имеет широкий диапазон по производительности. Повышения эффек-

тивности работы кольцевого пневмоканала можно достигнуть за счет правильного выбора скорости воздушного потока в рабочей зоне и применяемой системы выпуска очищенного зерна.

**Keywords:** grain cleaning, air separation, annular channel, spreading plate, grain-cleaning machine, grain material.

A device for discharge of grain cleaned by annular air channel with the use of a scraper conveying system has been developed. The operation of cleaned grain discharge system is described. The main structural, kinematic and energy parameters of the device are substantiated. It is shown

that a centrifugal air separator operating as an independent grain-cleaning machine has a wide capacity range. Increase in efficiency of the annular air channel may be achieved by

choosing the correct speed of air flow in the working area and the system used to discharge cleaned grain.

**Стрикунов Николай Иванович**, к.т.н., доцент, каф. с.-х. техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Леканов Сергей Валерьевич**, к.т.н., доцент, каф. с.-х. техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Черкашин Сергей Анатольевич**, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Strikunov Nikolai Ivanovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Lekanov Sergey Valeryevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Cherkashin Sergey Anatolyevich**, post-graduate student, Altai State Agricultural University. E-mail: agau@asau.ru.

### Введение

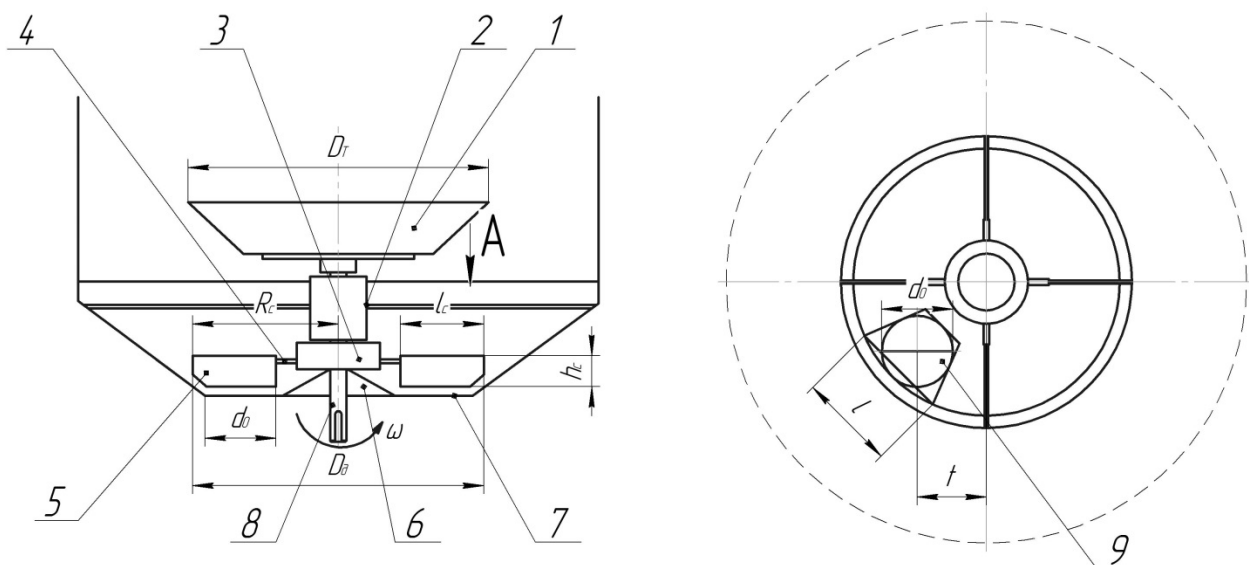
Известны зерноочистительные машины, в которых применяются кольцевые пневмосепарирующие каналы, работающие с решетными блоками [1-4]. Поэтому с целью упрощения конструкции машины разбрасыватель (в основном конического типа) приводится во вращение непосредственно от вала ротора, вращающегося с оптимальной для решет скоростью [5-8].

### Основная часть

Предлагаемый сепаратор является отдельной машиной и может работать в составе технологических линий очистки зерна (рис.).

При работе кольцевого пневмосепарирующего канала совместно с решетным блоком центробежно-решетного сепаратора привод тарелки осуществляется также от вращающихся с оптимальной скоростью решет, а очищенное воздушным потоком зерно выпускается через конический сборник.

Для центробежного воздушного сепаратора, работающего как самостоятельная зерноочистительная машина, привод разбрасывающей тарелки и системы выхода очищенного зерна осуществляется одним приводом.



**Рис. Расчетная схема к определению параметров кольцевого канала выхода очищенного зерна: 1 – разбрасыватель; 2 – корпус подшипников; 3 – ступица; 4 – крестовина; 5 – скребок; 6 – конус; 7 – кольцевой канал; 8 – вал привода; 9 – выпускное отверстие**

После пневмосепарации очищенный от легких примесей зерновой материал поступает на вспомогательный конус, а транспортировка очищенного зерна осуществляется скребками, которые крепятся на валу соосно с разбрасывающей тарелкой и вращаются в кольцевом канале выхода очищенного зерна. Захватывая определенную порцию очищенного зерна, скребки будут транспортировать его к отверстию в днище кольцевого канала и далее самотеком по выпускному патрубку выводится из машины.

Номинальная производительность воздушного центробежно-решетного сепаратора в режиме предварительной очистки составляет  $Q=50$  т/ч. При планируемой установке центробежного воздушного сепаратора на мобильный зерноочистительный агрегат, который имеет семяочистительные машины, максимально возможная производительность составит  $Q=10$  т/ч.

Поэтому целесообразно провести проверочный расчет скребков на максимальную и минимальную производительность сепаратора.

Производительность скребков определим по формуле:

$$Q = 3600 \cdot h_c \cdot l_c \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi \cdot z, \quad (1)$$

где  $h_c$  – высота скребка, м;

$l_c$  – длина рабочей части скребка, м;

$V$  – окружная скорость движения скребка, м/с;

$\gamma$  – объемная масса зерна, т/м<sup>3</sup> ( $\gamma = 0,76$  т/м<sup>3</sup>);

$\psi$  – коэффициент заполнения (принимается в расчетах  $\psi=0,4-0,8$ );

$z$  – количество скребков, шт.

Частота вращения приводного вала  $n=120$  об/мин. При  $R_c=0,25$  м окружная скорость составит  $V=3,12$  м/с. Принимая количество скребков  $z=4$  шт., высоту скребка  $h_c=0,08$  м, длину рабочей части скребка  $l_c=0,12$  м, получим производительность более 100 т/ч.

Следовательно, принятые размеры и количество скребков обеспечат нормальную транспортировку очищенного зерна при меньшей производительности сепаратора.

Размер (по длине) выпускного отверстия должен быть таким, чтобы зерно при заданной окружной скорости успевало проходить в это отверстие и далее выводиться из машины. Критической длиной выпускного отверстия следует считать такой размер, при котором зерно под действием скребков будет перебрасываться через это отверстие. Это возможно при максимальной окружной скорости и малой длине выпускного отверстия.

Определим длину выпускного отверстия, м:

$$l = V \sqrt{\frac{2h_c}{g}}. \quad (2)$$

При известных параметрах окружной скорости и высоты скребков получим  $l=0,38$  м.

Если длину рабочей части скребков  $l_c$ , исходя из конструктивных соображений, увеличить, что соответствует увеличению ширины отверстия, то площадь трапецеидального выпускного отверстия будет соответствовать площади выпускного отверстия диаметром  $d_0=200$  мм. Выпускная труба круглого сечения предпочтительнее при монтаже сепаратора.

По известной производительности скребков для вывода очищенного зерна можно определить требуемую мощность для его транспортировки, кВт:

$$N = \frac{Q}{367} L, \quad (3)$$

где  $Q$  – производительность, т/ч;

$L$  – длина транспортирующего участка, м.

При производительности сепаратора  $Q=50$  т/ч мощность на транспортировку составит  $N=0,22$  кВт.

Мощность на преодоление сопротивления воздуха будет незначительная, так как окружная скорость скребков небольшая ( $V=3,12$  м/с).

Мощность, затрачиваемая на сообщение кинетической энергии поступающего зерна на разбрасывающую тарелку, можно определить по формуле, кВт:

$$N_{\text{кин}} = \frac{mV^2}{2 \cdot 10^2}, \quad (4)$$

где  $m = \frac{Q}{3,6g}$ .

Тогда

$$N_{\text{кин}} = \frac{QV^2}{3,6 \cdot g \cdot 2 \cdot 10^2}, \text{ кВт.} \quad (5)$$

Подсчеты показывают, что мощность на привод тарелки составит  $N_{\text{кин}} = 0,05$  кВт.

Суммарные затраты мощности с учетом мощности на преодоление сил трения в механизмах привода (20-30% общей мощности) составят не более 0,5 кВт.

Установленная мощность центробежного воздушного сепаратора с учетом привода вентилятора ( $N=3,0$  кВт) составит  $N_{\Sigma}=3,5$  кВт.

### Выводы

1. Полученные значения параметров кольцевого канала выхода очищенного зерна центробежного воздушного сепаратора показывают, что применяемая система выпуска зерна может работать в широком диапазоне по производительности при  $n=120$  об/мин. и  $z=4$  шт.

2. Доказано, что центробежный воздушный сепаратор может работать в составе технологических линий очистки зерна как самостоятельная машина.

3. При установке кольцевого пневмосепарирующего канала на центробежно-решетный сепаратор привод разбрасывателя следует осуществлять от решетчатого блока с оптимальной для решетки скоростью, а для выпуска очищенного воздушным потоком зерна использовать конус-сборник с диаметром отверстий в нижней его части, соответствующим диаметру загрузочной горловины сепаратора.

### Библиографический список

1. Гончаров Е.С. Механико-технологическое обоснование и разработка универсальных виброцентробежных зерновых сепараторов: дис. ... докт. техн. наук. – М., 1986. – 299 с.
2. А.с. 952381 СССР М.Кл<sup>3</sup>, В 07 В 1/28. Машина для очистки и сортирования семян / Е.С. Гончаров, А.Н. Прилуцкий, В.И. Шевчук. – № 2547573/30-15; заявл. 21.11.77; опубл. 23.08.82, Бюл. № 31. – 3 с.

3. Андреев В.Л., Шилин В.В. Актуальность разработки пневмосистемы для виброцентробежного сепаратора // Совершенствование технических средств для механизации сельскохозяйственных процессов: сб. тр. НИИСХ Северо-Востока. – Киров, 2000. – С. 59-63.

4. Андреев В.Л., Комкин А.С., Одегов В.А. и др. Разработка пневмосистемы зерноочистительной машины с вертикальным кольцевым аспирационным каналом // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 2 (81). – С. 29-42.

5. Стрикунов Н.И., Леканов С.В. Классификация аспирационных систем центробежно-решетчатых сепараторов с вертикальной осью вращения // Молодой ученый. – 2016. – № 26 (130). – С. 90-93.

6. Стрикунов Н.И., Беляев В.И., Тарасов Б.Т. Очистка зерна и семян: машины и технологии: учебное пособие. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. – 131 с.

7. Шилин В.В. Повышение эффективности очистки зерна виброцентробежным сепаратором путем разработки пневмосистемы с вертикальным кольцевым аспирационным каналом: автореф. дис. ... к.т.н.: спец. 05.20.01 / ЗНИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого. – Киров, 2004. – 23 с.

8. Слипченко М.В. К производственным испытаниям ворохоочистителя СВС-15 с разработанным пневмосепарирующим устройством // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУСХ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2009. – Вип. 88. – С. 88-95.

### References

1. Goncharov E.S. Mekhaniko-tekhnologicheskoe obosnovanie i razrabotka universalnykh vibrotsentrobezhnykh zernovykh separatorov: diss. ... dokt. tekhn. nauk. – M., 1986. – 299 s.
2. A.s. 952381 SSSR M.KI3, V 07 V 1/28. Mashina dlya ochistki i sortirovaniya semyan / E.S. Goncharov, A.N. Prilutskiy, V.I. Shevchuk. – 2547573/30-15; zayavl. 21.11.77; opubl. 23.08.82, Byul. № 31. – 3 s.

3. Andreev V.L., Shilin V.V. Aktualnost razrabotki pnevmosistemy dlya vibrotsentrobezhnogo separatora // Sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv dlya mekhanizatsii selskokhozyaystvennykh protsessov: Sb. tr. NIISKh Severo-Vostoka. – Kirov, 2000. – S. 59-63.

4. Andreev V.L., Komkin A.S., Odegov V.A. i dr. Razrabotka pnevmosistemy zernoochistitelnoy mashiny s vertikalnym koltsevym aspiratsionnym kanalom // Vestnik NGIEI. – 2018. – № 2 (81). – S. 29-42.

5. Strikunov N.I., Lekanov S.V. Klassifikatsiya aspiratsionnykh sistem tsentrobezhno-reshetnykh separatorov s vertikalnoy osyu vrashcheniya // Molodoy uchenyy. – 2016. – № 26 (130). – S. 90-93.

6. Strikunov N.I., Belyaev V.I., Tarasov B.T. Ochistka zerna i semyan: mashiny i tekhnologii:

uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2007. – 131 s.

7. Shilin V.V. Povyshenie effektivnosti ochistki zerna vibrotsentrobezhnym separatorom putem razrabotki pnevmosistemy s vertikalnym koltsevym aspiratsionnym kanalom: avtoref. dis. ... k.t.n.: spets. 05.20.01 / V.V. Shilin; [ZNIISKh Severo-Vostoka im. N. V. Rudnitskogo]. – Kirov, 2004. – 23 s.

8. Slipchenko M.V. K proizvodstvennym ispytaniyam vorokhochistitelya SVS-15 s razrabotannym pnevmosepariruyushchim ustroystvom // Suchasni naprjamky tehnologii ta mehanizatsii procesiv pererobnyh i harchovyh vyrobnyctv: Visnyk HNTUSH im. Petra Vasylenka. – Harkiv: HNTUSG im. P. Vasylenka, 2009. – Vyp. 88. – S. 88-95.



УДК 553.937:628.336.4

**В.В. Морозов, В.Г. Игнатенков, Ю.И. Волошин,  
Л.Н. Мясников, Е.Л. Лаппо, Д.М. Быченков**  
V.V. Morozov, V.G. Ignatenkov, Yu.I. Voloshin,  
L.N. Myasnikov, Ye.L. Lappo, D.M. Bychenkov

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ШНЕКОВОГО СМЕСИТЕЛЯ-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ВИТАМИННО-КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ САПРОПЕЛЯ

### THEORETICAL SUBSTANTIATION OF MULTIFUNCTIONAL SCREW-TYPE CRUSHING MIXER FOR SAPROPEL-BASED VITAMIN FEED SUPPLEMENT

**Ключевые слова:** сапропель, витаминно-кормовая добавка, шнек, лопатки, сапропелезерновая смесь, многофункциональный смеситель-измельчитель.

Теоретически исследовано и обосновано использование в технологическом процессе производства витаминной добавки на основе сапропеля для сельскохозяйственным животным, разработанного и изготовленного на базе ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, многофункционального шнекового устройства, рассмотрены основные конструктивные особенности. В виде математических зависимостей представлены основные режимы работы предлагаемого многофункционального смесителя-измельчителя. Приведен расчет необходимой площади выходного отверстия, которая соответствует наибольшей производительности, при полностью заполненной сапропелезерновой смесью камерой шнека, определена рабо-

чая частота вращения шнека. Рассчитаны мощности, затрачиваемые на перемешивание смеси сапропеля с зерном и растительностью, выхода витаминно-кормовой добавки и трение ножей. На основании представленных теоретических исследований и полученных экспериментальных данных сделан вывод о целесообразности применения многофункционального шнекового устройства для приготовления витаминно-кормовой добавки животным на основе сапропеля.

**Keywords:** *sapropel, vitamin feed supplement, screw, blades, sapropel-grain mix, multifunctional crushing mixer.*

A theoretical explanation and substantiation has been done for the introduction of a multifunctional crushing screw mixer into the process of sapropel-based vitamin feed supplement production for farm animal nutrition. The device has