

свободный (дата обращения: 10.09.2021). – Текст: электронный.

7. Mxus – URL: <http://www.mxusebikekit.com/index.aspx>, свободный (дата обращения: 20.09.2021). – Текст: электронный.

8. СТО АИСТ 5.6-2018 Машины посевные и посадочные. Показатели назначения и надежности. Общие требования. – Текст: непосредственный.

### References

1. Nadezhnye i effektivnye seialki tochnogo vyseva [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <https://zen.yandex.ru/media/glavpahar/nadejnye-i-effektivnye-seialki-tochnogo-vyseva-5e8d96ef98ac907803229486>, svobodnyi. – (data obrashcheniia: 13.09.2021).

2. Obzor propashnykh seiалok dlia kukuruzy [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <https://agbz.ru/articles/obzor-propashnyih-seyalok-dlya-kukuruzyi/>, svobodnyi. – (data obrashcheniia: 14.09.2021).

3. Seialka propashnaia blochnosostavliaemaia MS-8 [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: URL: [https://skmis.ru/test/test\\_result/2014/periodich\\_2014/posevnye\\_mashiny/seialka\\_ms-8.html](https://skmis.ru/test/test_result/2014/periodich_2014/posevnye_mashiny/seialka_ms-8.html), svobodnyi. – (data obrashcheniia: 11.09.2021).

4. Ovchinnikov I.E. Ventilnye elektricheskie dvigateli i privod na ikh osnove (malaja i sredniaia moshchnost): Kurs lektsii. – Sankt-Peterburg: KORONA-Vek. 2016. – 336 s.

5. Propashnaia seialka tochnogo vyseva Gaspardo MTR [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <https://agrosnab-nso.ru/product/propashnaya-seialka-tochnogo-vyseva-gaspardo-mtr/>, svobodnyi. – (data obrashcheniia: 14.09.2021).

6. Evoliutsiia tochnogo vyseva [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://agro-profi.ru/2021/04/06/evolutoin-drilling/>, svobodnyi. – (data obrashcheniia: 10.09.2021).

7. Mxus [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.mxusebikekit.com/index.aspx>, svobodnyi. – (data obrashcheniia: 20.09.2021).

8. СТО АИСТ 5.6-2018 «Mashiny posevnye i posadochnye. Pokazateli naznachenii i nadezhnosti. Obshchie trebovaniia».

*Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках реализации Соглашения №075-11-2019-041 от 22 ноября 2019 г. между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ПАО «Миллеровосельмаш» на выполнение НИОКТР по теме «Создание высокотехнологичного производства многофункциональных комплексов для посева и возделывания пропашных и овощных культур в системе «точного» и «нулевого» земледелия на базе интеллектуальных мехатронных модулей». НИОКТР выполняется в организации Головного исполнителя (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ).*



УДК 631.362.3

DOI: 10.53083/1996-4277-2021-206-12-107-111

С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов

S.V. Lekanov, N.I. Strikunov

## ПЛОСКОРЕШЕТНЫЕ СЕПАРАТОРЫ С КОЛЬЦЕВЫМ ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩИМ КАНАЛОМ

### FLAT SIEVE SEPARATORS WITH ANNULAR PNEUMATIC SEPARATION DUCT

**Ключевые слова:** центробежно-воздушный сепаратор, пневмосепарирующий кольцевой канал, решетный стан, решетный кузов, воздушное сепарирование, решетное сепарирование, осадочная камера, приемный патрубок, аспирационная система.

Поиск оптимального варианта конструктивной компоновки плоско-решетных сепараторов центробежно-воздушными сепараторами, имеющими кольцевые пневмосепарирующие каналы, является перспективным направлением при создании новых машин. Это позволит существенно улучшить технологические показатели зерноочистительных машин. Можно считать перспективным направлением проведение таких ис-

следований, поэтому необходимо изыскивать новые варианты компоновочных решений зерноочистительных машин для повышения их технологической эффективности. В работе предложены несколько вариантов технологических схем работы существующих плоско-решетных сепараторов с центробежно-воздушным сепаратором, имеющим кольцевой пневмосепарирующий канал. Проведено описание технологического процесса работы модернизированной зерноочистительной машины на базе машины А1-БИС-100. Определены основные параметры самотечного транспортирующего устройства, которые полностью обеспечивают работоспособность модернизированной машины.

**Keywords:** *centrifugal-air separator, pneumatic separation annular duct, sieve box, sieve body, air separation, sieve separation, sediment chamber, inlet pipe, aspiration system.*

The search for the optimal variant of the structural arrangement of flat-screen separators by centrifugal-air separators with annular pneumatic separation ducts is a promising direction in the development of new equipment. This will significantly improve the technological performance of grain cleaning plants. It may be considered a promising

direction for such research. Therefore, it is necessary to look for new options for the layout of grain cleaning machines to increase their technological efficiency. Several variants of technological schemes for the operation of existing flat-sieve separators with a centrifugal-air separator with an annular pneumatic separation ducts are proposed. The technological process of the modernized grain cleaning plant based on the A1-BIS-100 plant is described. The main parameters of the gravity transporting device are determined; they fully ensure the operability of the modernized plant.

**Леканов Сергей Валерьевич**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: serrg333@mail.ru.

**Стрикунов Николай Иванович**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: strikunov555@mail.ru.

**Lekanov Sergey Valerevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: serrg333@mail.ru.

**Strikunov Nikolay Ivanovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: strikunov555@mail.ru.

### Введение

В зерноочистительных агрегатах ЗАВ-20, ЗАВ-40, ЗАВ-25 технологические процессы включают следующие операции: одно- и двукратное воздушное сепарирование, одно- и двукратное решетное сепарирование, триерование с отбором длинных и коротких примесей. В этих агрегатах используются традиционные рабочие органы для очистки продовольственного зерна: плоскорешетные сепараторы с одним вертикальным пневмоканалом, триерными блоками, а в агрегате ЗАВ-25 в технологию включена машина МПО-50 для предварительной очистки. Это позволяет проводить двукратное воздушное сепарирование совместно с машиной первичной очистки ЗВС-20А. Однократное воздушное сепарирование на машинах первичной очистки зерна в этих агрегатах существенно снижает эффективность очистки зерна от легких примесей и в конечном итоге эффективность работы всей машины.

Любая поточная линия тесно связана с полнотой завершения технологического процесса. Известно, что чем выше полнота завершения, тем больше требуется машин, тем сложнее технологическая схема этой линии. Поэтому надо изыскивать новые принципы воздушного сепарирования, позволяющие за один пропуск через машину выделять большее количество легких примесей, а сами машины должны обладать высокой производительностью [1-4]. Этим условиям удовлетворяет разработанный центробежно-воздушный сепаратор с кольцевым пневмосепарирующим каналом [5].

**Целью** работы является оценка возможности установки кольцевых пневмосепарирующих каналов, вместо вертикально-восходящих, на машины с плоскими решетками, например ЗВС-20А, БИС-100 и других конструкциях машин.

### Основная часть

Плоскорешетные машины по ряду показателей уступают центробежно-решетным сепараторам (по удельной производительности, металлоемкости, энергоемкости, а в некоторых машинах и эффективности очистки). Наиболее важным элементом этих машин является аспирационная система, особенно для машин, работающих в режиме предварительной или первичной очистки.

Однократное воздушное сепарирование, применяемое в машине ЗВС-20А при небольших аспирационных каналах, работающих на верхний или нижний решетчатые станы машины, имеет низкую эффективность очистки зерна от легких примесей. Второй воздушной сепарации зерна после схода его с решетчатых станов в этой машине нет.

Другое конструктивное исполнение данной машины с включением второго аспирационного канала приведет к усложнению машины. Следовательно, усовершенствовать воздушную систему машины возможно путем установки такого пневмосепарирующего канала, который бы способен был эффективно работать в технологической схеме машины или с таким же пневмосепарирующим каналом, но как отдельно работающий воздушный сепаратор.

Этому положению соответствуют сепараторы с кольцевым пневмосепарирующим каналом, где ввод зерна в рабочую зону сепарирования производится центробежными коническими разбрасывателями тарельчатого типа, они более эффективно работают на выделении легких примесей за счет встречного тонкослойного ввода зерна в канал и повышенной скорости воздушного потока в зоне сепарации [6, 7].

Применительно к зерноочистительной машине ЗВС-20А такой сепаратор может использоваться как отдельная машина с последующей решетной сепарацией. Конструкция решетных станов этой машины не позволяет осуществить послерешетную воздушную сепарацию.

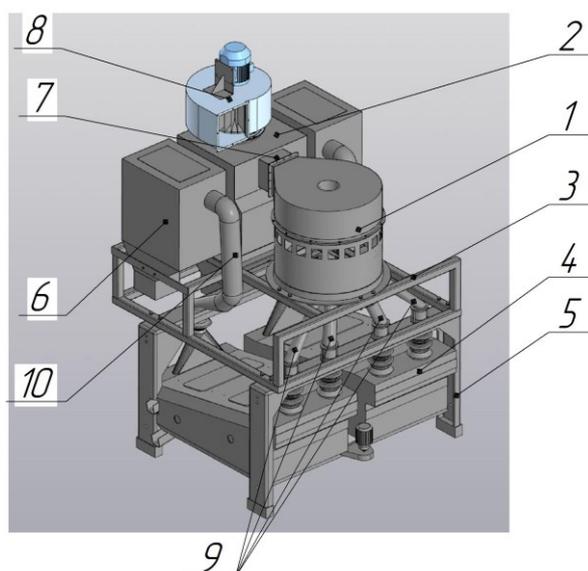
В настоящее время в технологических линиях мехтоков широко применяются зерноочистительные машины А1-БИС-100 с круговым движением разделяющей поверхности. В этом сепараторе отсутствует дорешетная сепарация, а послерешетная сепарация производится в вертикально-восходящем пневмосепарирующем канале с вибропитателем, представляющем собой аспирационную колонку. Эффективность очистки зерна с использованием такого пневмосепарирующего канала при больших удельных подачах низкая.

Разработанный центробежно-воздушный сепаратор установлен на раме машины

А1-БИС-100, вместо приемно-распределительного устройства (рис.).

На основной осадочной камере 2 дорешетной сепарации устанавливается вентилятор 8. Две другие осадочные камеры посредством патрубков соединены с основной осадочной камерой и предназначены для сбора отходов послерешетной сепарации. К нижней части сепаратора крепятся 4 приемных патрубка 9, которые направляют 4 потока зерна (по два на каждую секцию решетного кузова) на решетную очистку.

Технологический процесс работы модернизированной машины протекает следующим образом. Исходный материал поступает в центробежно-воздушный сепаратор 1, где происходит очистка зерна от легких примесей. Высокая эффективность очистки зерна достигается за счет равномерного его ввода в зону сепарации и повышенной скорости воздушного потока в пневмосепарирующем канале. Скорость воздушного потока регулируется заслонкой, установленной в осадочной камере. Далее зерно поступает на решетную очистку на сортировальных и подсеменных решетках, где происходит выделение крупных и мелких примесей. Очищенное зерно, сходящее с решетного стана (кузова), обеспыливается, тем самым уменьшается выделение пыли в помещение. Пыль и легкие частицы осаждаются в двух осадочных камерах 6.



**Рис. 1. Общий вид зерноочистительной машины А1-БИС-100 с кольцевым пневмосепарирующим каналом:**

- 1 – центробежно-воздушный сепаратор; 2 – основная осадочная камера; 3 – рама сепаратора; 4 – решетный кузов; 5 – рама машины; 6 – осадочная камера; 7 – патрубок; 8 – вентилятор; 9 – приемные патрубки; 10 – воздуховод**

Равномерную загрузку обеих секций решетчатого кузова должны обеспечивать приемные патрубки, поэтому целесообразно определить их основные параметры.

Исходя из уравнения расхода зерновой смеси:

$$q_p = F_{\Pi} \cdot V \cdot \gamma, \text{ кг/с}; \quad (1)$$

$$q_V = F_{\Pi} \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где  $q_p$  и  $q_V$  – весовой и объемный расход зерна;  
 $F_{\Pi}$  – площадь потока зерна, м<sup>2</sup>;  
 $V$  – скорость движения зерна, м/с;  
 $\gamma$  – объемная масса зернового материала, кг/м<sup>3</sup>.

Для производительности центробежно-воздушного сепаратора  $Q=50$  т/ч получим:

$$q_p = \frac{Q}{3,6}, \text{ кг/с}; \quad (3)$$

$$q_p = \frac{50}{3,6} = 13,9, \text{ кг/с}.$$

Это расход зерна через четыре приемных патрубка.

Потребная площадь потока определится по формуле:

$$F_{\Pi} = \frac{q_p}{V \cdot \gamma} = \frac{q_V}{V}, \text{ м}^2. \quad (4)$$

При  $\gamma=750$  кг/м<sup>3</sup> для пшеницы получим:

$$q_V = \frac{q_p}{\gamma}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (5)$$

$$q_V = 0,019 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Приняв площадь  $F_{\Pi} = F_{\Pi.п} \cdot \psi$ ,

где  $F_{\Pi.п}$  – площадь поперечного сечения приемных патрубков, м<sup>2</sup>;

$\psi$  – коэффициент заполнения сечения патрубков зерном, ( $\psi=0,7$ ).

Для круглого сечения получим:

$$F_{\Pi} = F_{\Pi.п} \cdot \psi = \pi \cdot R_{\Pi.п}^2 \cdot \psi = \frac{q_V}{V}, \text{ м}^2, \quad (6)$$

где  $R_{\Pi.п}$  – потребный радиус приемного патрубка, м.

Откуда

$$R_{\Pi.п}^2 = \frac{q_V}{V \cdot \pi \cdot \psi} \text{ или } R_{\Pi.п} = \sqrt{\frac{q_V}{V \cdot \pi \cdot \psi}}, \text{ м}. \quad (7)$$

Потребный радиус приемного патрубка при скорости истечения  $V=0,5$  м/с равен  $R_{\Pi.п}=0,045$  м.

Для нормальной работы приемных патрубков, учитывая конструктивные особенности машины, принимаем  $R_{\Pi.п} = 0,075$  м.

Связь приемных патрубков с решетчатым кузовом осуществляется через гибкий рукав.

## Заключение

Эффективность работы высокопроизводительных зерноочистительных машин с плоскими разделяющими поверхностями во многом зависит от работы аспирационных систем этих машин, где применяются в основном пневмосепарирующие каналы, работающие по принципу «взвешивания» частиц. В известных гравитационных каналах удельные нагрузки в 2-3 раза меньше, чем в кольцевых пневмосепарирующих устройствах. Поэтому совмещение блоков центробежно-воздушной сепарации и плоскорешетной сепарации существенно расширяет функциональные возможности зерноочистительной машины. Ярусная компоновка пневмосепарирующих систем, работающих как отдельная машина, и решетчатых систем с плоской рабочей поверхностью позволяет уменьшить число транспортирующих устройств и применять только самотечный транспорт (трубы, лотки, желоба и т.д.). Проведенные расчеты основных параметров подтвердили целесообразность их применения при модернизации зерноочистительной машины.

## Библиографический список

1. Леканов, С. В. Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян: рекомендации / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов. – Барнаул: Изд-во Алт. ИПК АПК, 2019. – 74 с. – Текст: непосредственный.
2. Marks N. Maszyny do czyszczenia i sortowania plodów rolnych. Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie. Kraków, 2012.
3. Котов Б. І. Технологічні аспекти сепарації зерна у вертикальному каналі / Б. І. Котов, С. П. Степаненко. – Текст: непосредственный // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград: КНТУ, 2016. – Вип. 46. – С. 154-159.
4. Стрикунов, Н. И. Классификация аспирационных систем центробежно-решетчатых сепараторов с вертикальной осью вращения / Н. И. Стрикунов, С.В. Леканов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 26. – С. 90-93.
5. Патент России № 2675607 С1 МПК В07В 7/083 (2006.01). Центробежно-воздушный сепаратор / Леканов С. В., Стрикунов Н. И., Черкашин С. А. – № 2017146182; заявл. 26.12.2017;

опубл. 20.12.2018, Бюл. № 35. – Текст: непосредственный.

6. Стрикунов, Н. И. Обоснование основных параметров пневмо-центробежно-вихревого сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 7 (188). – С. 115-121.

7. Стрикунов, Н. И. Параметры кольцевого пневмосепарирующего канала центробежно-воздушного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, А. А. Хижников. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (200). – С. 117-121.

### References

1. Lekanov S.V. Tekhnika i tekhnologii dlia posleuborochnoi obrabotki zerna i semian: rekomendatsii / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov. – Barnaul: Izd-vo Alt. IPK APK, 2019. – 74 s.

2. Marks N. Maszyny do czyszczenia i sortowania plodow rolnych. Uniwersytet Rolniczy im. H. Kollataja w Krakowie. Krakow, 2012.

3. Kotov B. I. Tekhnologichni aspekti separatsii zerna u vertikalnomu kanali / B.I. Kotov, S.P. Ste-

panenko // Zagalnoderzhavnii mizhvidomchii naukovotekhnichnii zbirnik. Konstruiuvannia, virobnitstvo ta ekspluatatsiia silskogospodarskikh mashin, vip. 46. – Kirovograd: KNTU, 2016. – S. 154-159.

4. Strikunov, N.I. Klassifikatsiia aspiratsionnykh sistem tsentrobezhno-reshetnykh separatorov s vertikalnoi osiu vrashcheniia / N.I. Strikunov, S.V. Lekanov // Molodoi uchenyi. – 2016. – No. 26. – S. 90-93.

5. Patent Rossii No. 2675607 S1 MPK B07B 7/083 (2006.01). Tsentrobezhno-vozdushnyi separator / Lekanov S.V., Strikunov N.I., Cherkashin S.A. 2017146182; zaiavl. 26.12.2017; opubl. 20.12.2018, Biul. No. 35.

6. Strikunov, N.I. Obosnovanie osnovnykh parametrov pnevmo-tsentrobezhno-vikhreвого separatora / N.I. Strikunov, S.V. Lekanov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 7 (188). – S. 115-121.

7. Strikunov N.I. Parametry koltseвого pnevмосепарирiuшchego kanala tsentrobezhno-vozdushnogo separatora / N.I. Strikunov, S.V. Lekanov, A.A. Khizhnikov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 6 (200). – S. 117-121.



УДК 004.942: 621.311

DOI: 10.53083/1996-4277-2021-206-12-111-116

**В.В. Ковалёв**  
V.V. Kovalev

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ВИБРООПОРАМИ

### STUDY OF VIBRATION ISOLATION SYSTEM OF AGRICULTURAL POWER UNITS WITH HYDRAULIC VIBRATION MOUNTS

**Ключевые слова:** силовые установки, механизация технологических процессов, системы виброизоляции, гидравлические виброопоры, динамика механических систем, математическое моделирование, численные методы.

Совершенствование систем виброизоляции оборудования, машин и агрегатов в настоящее время остаётся достаточно актуальной задачей. Пути решения данной проблемы базируются на оптимизации существующих конструкций, разработке и применении новых виброизолирующих элементов, совершенствовании методов расчёта. В частности, для обеспечения надёжного функционирования сельскохозяйственных машин, агрегатов, отдельных рабочих органов и других

средств механизации технологических процессов в сельскохозяйственном производстве одним из перспективных направлений исследований является применение в системах подвески агрегатов гидравлических виброопор. Такой вид опор применяется для крепления двигателей и кабин современной сельскохозяйственной техники, а также в силовых энергетических установках (дизель-генераторах). В данной статье рассмотрено моделирование динамического поведения силовой установки, в качестве крепления которой к неподвижному основанию используются гидроопоры. Для учёта динамической жёсткости виброизоляторов предлагается использование аппроксимирующих функций, моделирующих реальные жёсткостные характеристики. Приводится сравнительный анализ дизель-