

По результатам эксплуатационных исследований было установлено, что при условиях обеспечения ширины захвата 2,8 м, глубины обработки 32 см рабочая скорость составляла 7,5 км/ч, буксование не превышало 15 %, производительность агрегата составила 1,29 га/ч, а расход топлива – 25 л/га. Температура охлаждающей жидкости двигателя МЭС-330 не превышала 90 °С, что говорит о нормальной его работе.

### Заключение

Использование мобильного энергетического средства МЭС-330 «Автотрактор» на выполнении сельскохозяйственных операций в поле увеличит его годовую загрузку и уменьшит себестоимость выполнения им работ. Установлено, что пахотный агрегат МЭС-330 + плуг Нектор-1000 при условиях обеспечения ширины захвата 2,8 м, глубины обработки 32 см, скорости движения 7,5 км/ч имеет буксование не более 15 % и обеспечивает производительность 1,29 га/ч при расходе топлива 25 л/га.

### Литература

1. Шкель, А. С. Исследование технологии внесения жидких органических удобрений транспортно-технологическим агрегатом сельскохозяйственного назначения / А. С. Шкель, М. А. Козловская, Т. Д. Дзоценидзе // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 7. – С. 47–50.
2. Дзоценидзе, Т. Д. Функциональное назначение автомобилей для сельских поселений / Т. Д. Дзоценидзе, А. Г. Левшин, Н. Е. Евтушенко, М. А. Козловская, А. Е. Мягков // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 4. – С. 8–11.
3. Адамчук, В. В. Использование автомобильного шасси для выполнения технологических операций в агропромышленном производстве / В. В. Адамчук, С. П. Погорелый // Motrol «Commission of motorization and energetics in agriculture». – Lublin-Rzeszow, 2016. – Vol. 18, № 8. – С. 93–98.
4. Машина химизации самоходная МХС-10. Руководство по эксплуатации МХС 00.00.000 РЭ. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2010. – 51 с.
5. Трактори сільськогосподарські. Методи випробувань: ДСТУ ГОСТ 7057–2003. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 11 с.

УДК 631.362

Поступила в редакцию 05.09.2017

Received 05.09.2017

**В. В. Адамчук, А. Н. Прилуцкий**

*ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»  
Национальной академии аграрных наук Украины (ННЦ «ИМЭСХ»)  
п. г. т. Глеваха, Киевская обл., Украина  
e-mail: vvadamchuk@gmail.com; kb@vibroseparator.ua*

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ РЕШЕТ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕПАРИРОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ СМЕСЕЙ**

В статье приведены результаты теоретических исследований влияния колебательного движения решет на эффективность сепарирования зерновых смесей.

Установлено, что в некотором приближении процессы сепарирования плоскими колеблющимися гравитационными и коническими виброцентробежными решетками с вертикальной осью вращения и осевыми колебаниями имеют подобие.

Плоские колеблющиеся гравитационные решета обеспечивают процесс движения слоя сепарируемой смеси по их поверхности при воздействии на него как составляющей силы колебательного движения вдоль поверхности решета, так и действующей в нормальном направлении составляющей этой силы, что создает условия интенсификации внутрислоевого процесса – сегрегации, а в итоге повышается интенсивность просеивания частиц.

Цилиндрические виброцентробежные решета с вертикальной осью вращения и осевыми колебаниями обеспечивают значительное повышение производительности просеивания за счет увеличения силы

прижатия сепарируемого слоя зерновой смеси к поверхности решета, вызванного центробежной силой их вращательного движения. Однако процесс сегрегации в слое происходит только за счет действия силы колебательного движения вдоль поверхности решет, вызванного осевыми колебаниями, что не обеспечивает интенсификации этого процесса подобно процессу сепарирования плоскими колеблющимися гравитационными и коническими виброцентробежными решетками.

Процессы сепарирования плоскими колеблющимися гравитационными и коническими виброцентробежными решетками с вертикальной осью вращения и осевыми колебаниями (поверхность решет в виде участка боковой поверхности усеченного обратного конуса) имеют наибольшее сходство по действию сил на сепарируемый слой зерновой смеси.

Конические виброцентробежные решета обеспечивают слою сепарируемой смеси как прижатие к их внутренней поверхности, так и интенсификацию процесса сегрегации за счет составляющей силы колебательного движения в нормальном направлении, что делает их более эффективными.

*Ключевые слова:* решета, гравитация, колебания, сегрегация, сепарирование, зерновая смесь, эффективность.

**V. V. Adamchuk, A. N. Prilutsky**

*NSC «Institute for Agricultural Engineering and Electrification»  
National academy of agrarian Sciences of Ukraine (NSC «IAEE»)  
Glevakha, Kiev region, Ukraine  
e-mail: vvadamchuk@gmail.com; kb@vibroseparator.ua*

#### **THEORETICAL STUDIES OF THE EFFECT OF VIBRATIONAL MOTION OF GRATINGS ON THE EFFICIENCY OF SEPARATION OF SEED MIXTURES**

The article presents the results of theoretical studies of the influence of the vibrational motion of gratings on the efficiency of separation of seed mixtures.

It is established that, in some approximation, the processes of separation by plane oscillating gravitational and conical vibrating centrifugal gratings with a vertical axis of rotation and axial oscillations have a similarity.

Flat oscillating gravitational sieves provide the process of movement of a layer of a separated mixture over their surface when exposed to it as a component of the vibrational motion along the surface of the sieve, and acting in the normal direction of the component of this force, which creates conditions for intensification of the interlayer process – segregation, Intensity of particle sifting.

Cylindrical vibrating centrifugal sieves with a vertical axis of rotation and axial oscillations provide a significant increase in sieving performance due to an increase in the force of pressing the separable layer of the seed mixture to the sieve surface caused by the centrifugal force of their rotational motion. However, the process of segregation in the layer occurs only due to the action of the vibrational motion along the surface of the sieves caused by axial oscillations, which does not ensure the intensification of this process, similar to the process of separation by plane oscillating gravitational and conical vibrocentrifugal gratings.

The processes of separation of flat oscillating gravitational and conical vibrating centrifugal gratings with a vertical axis of rotation and axial oscillations (the surface of the sieves in the form of a section of the lateral surface of a truncated cone) have the greatest similarity with respect to the action of forces on the separable layer of the seed mixture.

The conical vibrating centrifugal sieves provide the layer of the separated mixture both by pressing against their internal surface and intensifying the segregation process due to the component of the vibrational motion in the normal direction, which makes them more efficient.

*Keywords:* sieves, gravity, oscillations, segregation, separation, seed mixture, efficiency.

#### **Введение**

Расширение посевов зерновых, зернобобовых, кукурузы и масличных культур и увеличение валовых сборов зерна и семян требуют снижения затрат труда на их послепосевную обработку, которая является наиболее трудоемким процессом всего комплекса производства этих культур. Успешное решение задачи невозможно без значительного повышения производительности труда за счет использования новых высокопроизводительных сепарирующих рабочих органов зерноочистительных машин с высокими технико-экономическими показателями.

Известные воздушно-решетные зерноочистительные машины с гравитационными рабочими органами, которые выполнены в виде плоских колеблющихся решет, имеют ограниченную ин-

тенсивность сепарирования зерновых материалов, что не позволяет создать, основываясь на принципе их работы, высокопроизводительные машины с обеспечением необходимого качества сепарирования.

Дальнейшее усовершенствование процесса сепарирования зерновых материалов по размерам (ширине и толщине) компонентов зерновой смеси подсевными и сортировальными решетками может быть достигнуто лишь путем интенсификации их работы. Исходя из необходимости обеспечения подобия гравитационному процессу сепарирования зерновой смеси, целесообразным приемом обеспечения интенсификации процесса может быть применение дополнительного прижатия слоя к сепарирующей поверхности, которое возникает в результате вращательного движения решета, выполненного в форме поверхности вращения с вертикальной осью и ее осевыми колебаниями, что характеризует новый вид зерновых сепараторов, которые называют виброцентробежными. Такие зерновые сепараторы в последние три десятилетия широко применяются в агропромышленном комплексе Украины.

Учитывая необходимость дальнейшего совершенствования виброцентробежных решетчатых сепараторов на основе подобия их процесса сепарирования и процесса сепарирования гравитационными плоскорешетными сепараторами, возникла необходимость дополнительных исследований влияния колебательного движения решет на эффективность сепарирования зерновых смесей с целью установления рационального кинематического режима их работы и использования результатов для совершенствования конструкции зерноочистительных машин.

### Результаты исследований

Вследствие большой сложности протекания процесса воздействия колебаний решет на слой зернового материала процесс сепарирования зерновой смеси можно разделить на три тесно связанных друг с другом элемента: колебательное движение решета, характеризующееся амплитудой, частотой и направленностью; взаимодействие колеблющейся поверхности с обрабатываемой средой; внутрислойные процессы перераспределения частиц в зависимости от их физико-технологических свойств (сегрегация).

В результате исследований, выполненных авторами работ [1, 2, 3, 4], установлено, что зерновой слой, находящийся на поверхности плоского колеблющегося решета, может находиться в трех состояниях: уплотненном, разрыхленном и хаотически разрыхленном. Перераспределение частиц зерновой смеси в слое возможно только при разрыхленном состоянии. Для обеспечения наибольшей скорости движения частиц в слое по вертикали целесообразно добиваться необходимого уровня ускорения колебаний среды при возможно меньшей частоте колебаний.

Автором работы [5] установлено, что при «вскруживании» процесс сегрегации происходит без вибрационного воздействия на слой зерновой смеси в результате взаимного горизонтального перемещения частиц в этом слое.

Результаты исследования сепарирования зерновых материалов виброцентробежными цилиндрическими решетками с вертикальной осью вращения [6, 7, 8, 9, 10] показывают, что перемещение материала по сепарирующей поверхности таких решет обеспечивается за счет действия веса и силы колебательного движения частиц, а внутрислойное перераспределение частиц происходит за счет разрыхления зернового слоя силой колебательного движения, передающейся поверхностью решет соприкасающимся с ней частицам, то есть за счет послыного взаимоперемещения частиц в продольном направлении вдоль поверхности решет.

Анализ процесса воздействия колеблющихся поверхностей плоских гравитационных и вертикальных цилиндрических центробежных решет на зерновой слой показывает, что характер взаимодействия поверхностей и слоя зерновой смеси не имеет подобия в полной мере, а именно отсутствует геометрическое подобие и подобие действия сил. В связи с этим применение известных методик расчета движения частиц [8, 9] по поверхностям указанных решет, по нашему мнению, можно считать приемлемыми для тонкого зернового слоя [11], то есть только в части кинетики просеивания частиц решетками.

Применение термина «потенциальное центробежное силовое поле» [12] при рассмотрении аналогий в кинематических режимах плоских гравитационных и цилиндрических виброцентро-

бежных решет зерноочистительных машин нельзя считать объективным, так как геометрическое сложение действующих на частицы сепарируемой смеси сил гравитации и центробежной не позволяет объективно оценить влияние кинематических режимов указанных решет на процесс сепарирования.

Исходя из анализа оптимальных условий процесса сепарирования и учитывая несоответствие действия сил на слой зерновой смеси этим условиям, при сепарировании виброцентробежными цилиндрическими решетками с осевыми колебаниями для снижения влияния повышенной скорости движения зернового слоя вдоль сепарирующей поверхности решет авторы работ [13, 14, 15] предлагают устанавливать на их внутренней поверхности интенсификаторы внутрислоевого перераспределения. Необходимо отметить, что такое решение приведет к усложнению конструкции решет и нарушению протекания рабочего процесса.

Результаты исследований процессов сепарирования зерна вертикальными виброцентробежными решетками с конической поверхностью (или участками конических поверхностей) [16, 17] подтверждают повышение эффективности сепарирования зерновых материалов такими решетками, что вызвано, очевидно, благоприятным сочетанием формы сепарирующей поверхности и действия ее колебательного движения, однако такой процесс изучен в недостаточной степени и требует дополнительных исследований.

Целью исследований было определение влияния колебательного движения плоских гравитационных, вертикальных виброцентробежных цилиндрических и конических решет на эффективность сепарирования зерновых смесей для дальнейшей разработки рекомендаций по выбору формы решетных поверхностей зерноочистительных машин и установлению рациональных кинематических режимов их колебательного движения. Исследования проводились аналитическим и теоретическим методами с разработкой механико-математических моделей процессов колебательного движения решет и относительного перемещения слоя зерновой смеси по их поверхностям, в частности кинематики и динамики материальных тел.

Колебательное движение решета определенной формы поверхности и расположения в пространстве характеризуется амплитудой, частотой и направленностью колебаний относительно поверхности решета. Взаимодействие колеблющейся поверхности решета с обрабатываемым зерновым материалом вызывает внутрислоевые процессы перераспределения частиц в зависимости от их физико-механических свойств при одновременном перемещении слоя по поверхности решета со скоростью, обеспечивающей оптимальные условия прохождения частиц сквозь отверстия этого решета. В результате колебательное движение решета с оптимальными его параметрами обеспечивает наивысшее качество сепарирования при наименьшей площади поверхности решета, что является отличительной характеристикой оценки его эффективности.

В практике использования решетных колеблющихся поверхностей наибольшее распространение получили плоские гравитационные, цилиндрические и конические центробежные с вертикальной осью вращения, влияние колебательного движения которых на эффективность сепарирования зерновых смесей возможно оценить путем проведения сравнительных экспериментальных исследований. Однако оценить потенциальные возможности влияния колебательного движения указанных решет на процесс сепарирования представляется возможным за счет анализа комбинации составляющих силы нормальной реакции  $N$  и результирующей силы  $R$ , действующих на частицу зерновой смеси, находящуюся на поверхности указанных решет (рисунок 1).

Принципиальные схемы взаимодействия частиц сепарируемой смеси с поверхностью решет представлены на рисунке 1, где условно обозначены:

$m$  – масса частицы;

$G = mg$  – вес частицы;

$P = me \omega_1^2$  – сила инерции колебательного движения;

$F = mr \omega_2^2$  – центробежная сила;

$e$  – радиус кривошипа – амплитуда колебания решета;

$r$  – радиус поверхности решета;

$\omega_1$  – угловая скорость вращения кривошипа;

$\omega_2$  – угловая скорость вращения поверхности решета;

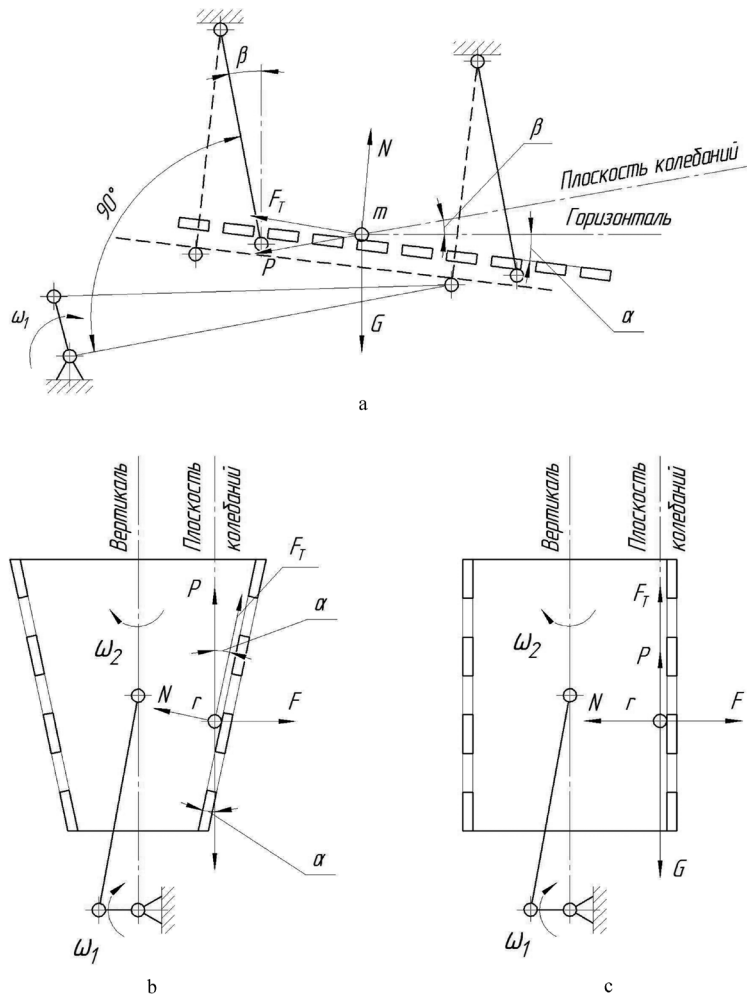


Рисунок 1. – Принципиальные схемы взаимодействия частиц сепарируемой смеси с поверхностью решета:  
 (а) гравитационного плоского; (б) центробежного конического; (с) центробежного цилиндрического

$\alpha$  – угол наклона плоского решета к горизонту,

образующей конического решета к направлению колебаний;

$\beta$  – угол направлений колебаний плоского решета;

$F_T = fN$  – сила трения зерна по поверхности решета;

$f$  – коэффициент трения;

$R$  – результирующая сила в плоскости (направления образующей) поверхности решета.

Запишем значения силы нормальной реакции  $N$  и результирующей силы  $R$  в крайних положениях кривошипа для:

– плоского гравитационного решета:

$$\left. \begin{aligned} N &= \pm P \sin(\alpha + \beta) + G \cos \alpha = \pm m\omega_1^2 \sin(\alpha + \beta) + mg \cos \alpha; \\ R &= G \sin \alpha \pm P \cos(\alpha + \beta) - fN = mg \sin \alpha \pm m\omega_1^2 \cos(\alpha + \beta) \pm \\ &\quad \pm f m\omega_1^2 \sin(\alpha + \beta) + fmg \cos \alpha; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

– конического центробежного решета:

$$\left. \begin{aligned} N &= \pm P \sin \alpha + G \sin \alpha + F \cos \alpha = \pm m\omega_1^2 \sin \alpha + mg \sin \alpha + mr\omega_2^2 \cos \alpha; \\ R &= \pm P \cos \alpha + G \cos \alpha - fN = \pm m\omega_1^2 \cos \alpha + mg \cos \alpha \pm \\ &\quad \pm f m\omega_1^2 \sin \alpha + fmg \sin \alpha + fmr\omega_2^2 \cos \alpha; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$



– цилиндрического центробежного решета:

$$\left. \begin{aligned} N = F = mr\omega_2^2; \\ R = G \pm P - F_T = mg \pm me\omega_1^2 - fmr\omega_2^2. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Результаты анализа систем уравнений (1), (2) и (3) показывают, что для плоского гравитационного и конического центробежного решета как в вертикальном направлении воздействия колеблющейся поверхности на частицу в слое, так и в плоскости поверхности решета силы  $N$  и  $R$  имеют переменное значение их величины, что характеризует разрыхляющее действие колебательного движения на слой зерновой смеси. За счет этого обеспечивается интенсивность внутрислоевого перераспределения частиц в зависимости от их физико-механических свойств.

Для цилиндрического центробежного решета переменное воздействие его колеблющейся поверхности на частицу возникает лишь в направлении действия результирующей силы  $R$  вдоль образующей поверхности решета за счет составляющей силы колебательного движения, которое обеспечивает разрыхление слоя зерновой смеси, однако в значительно меньшей степени, чем колеблющейся поверхностью конического решета, что подтверждено результатом сравнительных экспериментальных исследований конических и цилиндрических виброцентробежных решет [17].

### Заключение

Анализ геометрических форм и действия колебательного движения плоских гравитационных, конических и цилиндрических виброцентробежных решет с вертикальной осью вращения подтверждает аналогии их процессов сепарирования зерновых смесей, однако подобия они не имеют. Колебательное движение плоских гравитационных и конических виброцентробежных решет оказывает более эффективное действие на разрыхление слоя сепарируемой смеси по сравнению с действием цилиндрических виброцентробежных решет за счет составляющей их колебательного движения в нормальном направлении. Учитывая то, что центробежные конические и цилиндрические решета обладают более интенсивным процессом просеивания частиц зерновой смеси, а очистка отверстий конических решет характеризуется сложностью, использование их поверхностей при конструировании новых зерноочистительных машин целесообразно в комбинации конических неперфорированных поверхностей с цилиндрическими перфорированными.

### Литература

1. Блехман, И. И. Движение частицы в колеблющейся среде при наличии сопротивления типа сухого трения / И. И. Блехман, В. В. Гортинский, Г. Е. Птушкина // Известия Академии наук СССР. Механика и машиностроение. – М., 1963. – № 4. – С. 31–41.
2. Волик, Р. Н. Некоторые вопросы воздействия вертикальных вибраций на слой зернового материала и экспериментальные исследования / Р. Н. Волик // Труды Всесоюзного НИИ зерна и продуктов его переработки. – 1962. – Вып. 42. – С. 77–90.
3. Гортинский, В. В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. – М.: Колос, 1980.
4. Машины для послеуборочной поточной обработки семян / З.Л. Тиц [и др.]. – М.: Машиностроение, 1967.
5. Ульянов, А. Ф. Основы сепарации семенных смесей процессом механического вскруживания / А. Ф. Ульянов // Труды Саратовского института механизации сельского хозяйства. – Саратов, 1951. – Вып. 10. – 53 с.
6. Василенко, А. А. Центробежно-вибрационный метод сепарации зерна / А. А. Василенко, Е. С. Гончаров // Вестник сельскохозяйственной науки. Ежемесячный научный журнал МСХ СССР. – 1963. – № 4. – С. 95–100.
7. Гончаров, Е. С. О методике расчета вертикальных цилиндрических центробежно-вибрационных решет / Е. С. Гончаров // Тракторы и сельхозмашины. – 1965. – № 9. – С. 21–23.
8. Гончаров, Е. С. О подобии кинематических режимов работы плоских и вертикальных цилиндрических виброцентробежных решет / Е. С. Гончаров // Проблемы сепарирования зерна и других сыпучих материалов // Труды ВНИИЗ. – М., 1974. – Вып. 78. – С. 47–54.
9. Гончаров, Е. С. О методике расчета параметров движения частиц зерновых материалов по поверхности плоских и вертикальных цилиндрических виброцентробежных решет, совершающих продольные гармонические колебания / Е. С. Гончаров // Мех. и электр. с. х. – К.: Урожай, 1975. – Вып. 33. – С. 13–18.
10. Гончаров, Е. С. Механико-технологическое обоснование и разработка универсальных виброцентробежных сепараторов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Е. С. Гончаров. – Москва: ВИМ, 1986. – 34 с.

11. Горячкин, В. П. Собрание сочинений / В. П. Горячкин. – М.: Колос, 1968. – Т. 3. – С. 183–185.
12. Волошин, М. І. Про аналогії в кінематичних режимах плоских і відцентрово-вібраційних решіт зерноочисних машин / М. І. Волошин // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 1995. – Вип. 81. – С. 37–40.
13. Прилуцький, А. Н. До обґрунтування раціональної конструкції віброцентрових решіт / А. Н. Прилуцький, С. П. Степаненко, В. С. Зінчук // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 5. – С. 151–156.
14. Пивень, М. В. Обґрунтування параметрів процесу решітного сепарування зернових сумішей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. – Харків, 2006. – 20 с.
15. Тищенко, Л. Н. Экспериментальное исследование работы модернизированного виброцентробежного решета / Л. Н. Тищенко, М. В. Пивень // Збірник наукових праць Національного аграрного університету: Механізація с.-г. виробництва. Теорія і розрахунок с.-г. машин. – К.: НАУ, 1999. – С. 77–81.
16. Гончаров, Е. С. Ступенчатое решето для виброцентробежных зерновых сепараторов / Е. С. Гончаров // Мех. и электр. с. х. – К.: Урожай, 1984. – Вып. 59. – С. 33–36.
17. Мельников, Б. Н. Исследование процесса разделения зерновой смеси на подсеменных центробежно-вибрационных решетках: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Б. Н. Мельников. – Саратов: Саратовский ИМСХ, 1971. – 27 с.

УДК 631.311.5

Поступила в редакцию 27.03.2017  
Received 27.03.2017

**А. Н. Басаревский, И. Е. Мажугин**

*РВП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
e-mail: labmkr@yandex.ru*

### **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАБОЧИХ ОРГАНОВ АКТИВНОГО ТИПА ПЛАНИРОВЩИКА-РЫХЛИТЕЛЯ ДЛЯ ОТКОСОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ**

В статье проведен аналитический обзор рабочих органов активного типа планировщика-рыхлителя для откосов мелиоративных каналов. Описана новая конструкция рабочего органа фрезы-планировщика с зигзагообразным расположением роторов и прикатывающим катком с продольными пазами.

*Ключевые слова:* мелиоративный канал, откосы, планировщик-рыхлитель, активный рабочий орган, почвогрунт, конструктивная схема.

**A. N. Basareuski, I. E. Mazhuhin**

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»  
Minsk, Republic of Belarus  
e-mail: labmkr@yandex.ru*

### **ANALYTICAL REVIEW OF THE WORKING BODIES OF THE ACTIVE TYPE SCHEDULER-CULTIVATOR FOR SLOPES OF DRAINAGE CHANNELS**

In the article an analytical review of the working bodies of the active type scheduler-cultivator for slopes of drainage channels. Describes the new design of the working body of the cutter scheduler with a zigzag arrangement of the rotors and the rear roller with longitudinal grooves.

*Keywords:* drainage channel slopes, scheduler-ripper, active working body, soil, constructive scheme.

### **Введение**

Общая площадь мелиорированных земель в республике составляет 3,4 млн гектаров, из них 2,9 млн гектаров занимают сельскохозяйственные земли, в том числе пахотные – 1,4 млн гектаров и луговые – 1,5 млн гектаров [1].

Для обеспечения соблюдения проектных норм осушения земель используется сложный комплекс гидротехнических и других сооружений (158,1 тыс. километров каналов и водоприемников, 977,5 тыс. километров закрытой дренажной сети, 3,2 тыс. мостов, 2,2 тыс. шлюзов-регулято-