

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С НЕПЕРФОРИРОВАННЫМИ РАБОЧИМИ ПЛОСКОСТЯМИ

Владимир Лукьяненко, Иван Галич

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

Ул. Артема 44, Харьков, Украина. E-mail: khstua@lin.com.ua

Volodymyr Lukyanenko, Ivan Galych

*Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko
St. Artem 44, Kharkiv, Ukraine. E-mail: khstua@lin.com.ua*

Аннотация. В работе рассмотрена возможность повышения производительности вибрационной семяочистительной машины за счет изменения режима движения семян по рабочим плоскостям. С целью обеспечения необходимых параметров вибрации для получения ударного режима движения семян был спроектирован вибровозбудитель ременного типа.

Ключевые слова. Вибрационная семяочистительная машина, повышение производительности, ударный режим, вибровозбудитель.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Вибрационная семяочистительная машина с неперфорированными рабочими органами (Рис. 1) предназначена для сепарирования трудно-разделимых смесей семян и примесей [20].

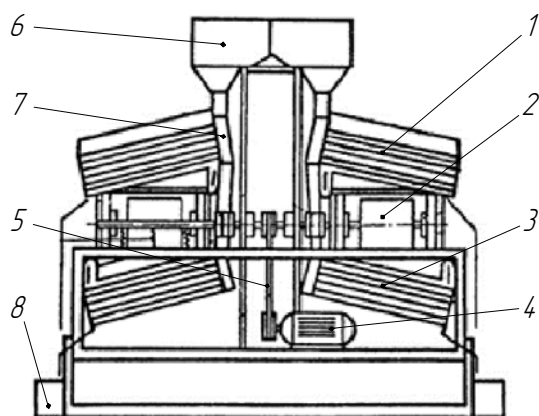


Рис. 1. Семяочистительная машина с неперфорированными рабочими органами:

- 1, 3 – верхние и нижние блоки плоскостей;
- 2 – вибровозбудитель; 4 – электродвигатель;
- 5 – вариатор; 6 – бункер; 7 – питатели;
- 8 – приемники продуктов разделения

Fig. 1. Seed cleaning machine with punched working bodies:

- 1, 3 – upper and lower blocks of planes;
- 2 – vibrator; 4 – electric motor; 5 – variator; 6 – hopper; 7 – feeders; 8 – receivers fission products

Работает машина таким образом. Семенная смесь с помощью питателей подается на рабочие поверхности верхних и нижних блоков. Под действием колебаний, создаваемых вибровозбудителем, компоненты семенной смеси перемещаются по различным траекториям в зависимости от их физико-механических свойств. Плоские, шероховатые, менее упругие частицы перемещаются в верхние приемники продуктов разделения, а округлые, гладкие, более упругие частицы скатываются в нижние приемники [5].

Данная машина используется в семяочистительных линиях на конечном этапе сепарирования семенных смесей. Поэтому, производительность вибрационной семяочистительной машины играет важную роль при расчете производительности всей линии очистки семян [18].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Известно, что производительность вибрационных семяочистительных машин с неперфорированными сепарирующими пластинами в значительной степени зависит от режима движения семенных смесей по рабочим органам [10].

Вибрационным перемещением частиц по неперфорированным шероховатым поверхностям посвящены работы И.И. Блехмана, П.М. Василенко, П.М. Заики, В.В. Гортинского, Е.Е. Лавендела, Г.Д. Терского, Р.Ф. Нагаева, С. Бехтера, В. Зейделя, А. Теприка и многих других.

В подавляющем большинстве работ этих авторов движение компонентов смесей рассматривалось как движение материальной точки, имеющей определенные фрикционные и упругие свойства [3, 14].

Более позднее при изучении движения семян сельскохозяйственных культур по се-

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С НЕПЕРФОРИРОВАННЫМИ РАБОЧИМИ ПЛОСКОСТЯМИ

парирующим плоскостям вибрационных семяочистительных машин в работах П.М. Заики, В.Я. Ильина, А.В. Завгороднего, А.В. Богомолова, П.М. Юдицкого, В.М. Лукьяненко, Ю.А. Манчиньского уже учитывается его форма и размеры.

Нахождению наиболее продуктивных режимов движения посвящены многие работы. Например, в работах [4, 6, 11] доказана возможность увеличения средней скорости виброперемещения семян на микрорельефной сепарирующей поверхности по сравнению с плоской.

Современные образцы вибрационных семяочистительных машин могут обеспечивать два режима движения семян по рабочим плоскостям: безотрывный (в любой момент времени семя имеют хотя бы одну точку контакта с рабочей плоскостью) и отрывный (семя периодически отрывается от рабочей поверхности и некоторое время находится в свободном полете). Последний режим движения значительно производительнее.

Проведенное теоретическое изучение процесса разделения семенной смеси на ребристых вибрирующих неперфорированных плоскостях с учетом взаимодействия их компонентов, как между собой, так и с поверхностями, позволяет предложить еще более интенсивный ударный режим движения семян по сепарирующим плоскостям. Это такой режим движения семян, когда они не только отрываются от рабочей плоскости, но и при осуществлении свободного полета ударяются о нижнюю поверхность плоскости, расположенной над сепарирующей.

Однако использование нижней поверхности сепарирующей плоскости как отражательной возможно при более высокой интенсивности вибраций, которая недостижима для современных образцов вибрационных семяочистительных машин.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для реализации ударного режима необходимо создать такие условия вибрации: амплитуда до 4 мм и частота до 4000 Гц. Колебания должны быть направлены и прямолинейные. Не менее важными требованиями к вибровозбудителю является то, что он должен не загрязнять нижний блок плоскостей смазкой и создавать при работе такой уро-

вень шума, который бы отвечал требованиям нормативных документов [17].

Вибровозбудитель, установленный на приведенной выше вибрационной семяочистительной машине не может обеспечить необходимый уровень вибраций, поэтому есть необходимость в его замене.

Для подбора необходимого вибровозбудителя необходимо сделать анализ типов и конструкций вибровозбудителей, выпускаемых промышленностью и на основе анализа сделать выбор модели. В случае невозможности выбора модели вибровозбудителя – разработать собственную оригинальную конструкцию.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

По принципу работы вибровозбудители подразделяются на следующие виды:

- центробежные – вибрация генерируется при вращении одного или нескольких дебалансов;

- электромагнитные, в таких устройствах возбуждающей силой является переменная сила притяжения электромагнитов.

Центробежные вибровозбудители делятся на одновальные, маятниковые и двухвальные.

Одновальный вибровозбудитель выполнен в виде одного или двух эксцентриковых дебалансов закрепленных на валу электродвигателя.

При вращении дебалансов генерируются круговые колебания (вибрация) с частотой равной числу оборотов вала. Эти колебания через подшипники качения передаются на корпус вибровозбудителя.

Недостатком таких вибровозбудителей является их недолговечность, что определяется быстрым износом подшипников, работающих в тяжелых условиях, особенно при высокой частоте колебаний.

Практическим выполнением такой конструкции является вибрационный двигатель компании FRIEDRICH Schwingtechnik GmbH с электромеханическим приводом, предназначенный для генерирования круговых колебаний, общий вид которого представлен на рисунке 2 [7].

Основная причина, по которой использование такого вибровозбудителя на вышеописанной машине невозможно заключается в том, что он создает лишь круговые колебания.



Рис. 2. Вибрационный двигатель
Fig. 2. Vibration motor

Маятниковый вибратор (Рис. 3) создает прямолинейно направленную вибрационную силу и представляет собой электродвигатель, с закрепленным на валу дебалансом 1, который создает круговые колебания. Корпус 2 вибровозбудителя соединен с опорной плитой 4 шарниром 3.

Работающий вибровозбудитель совершает колебания подобно маятнику относительно продольной оси. Благодаря шарнирному соединению вибровозбудителя с маятниковой подставкой, круговая сила заставляет создавать прямолинейно направленную вибрацию и действует по линии соединения центров осей шарнира и вала электродвигателя. Горизонтальные составляющие возбуждающей силы гасятся за счет трения в шарнире [12].

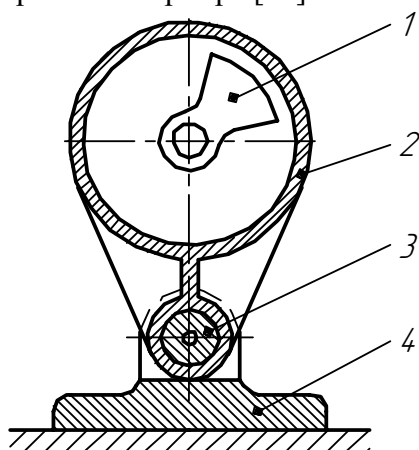


Рис. 3. Принципиальная схема маятникового вибровозбудителя:

1 – дебаланс; 2 – корпус вибровозбудителя;
3 – шарнир; 4 – опорна плита

Fig. 3. The principle scheme pendulum vibrator:

1 – unbalance, 2 – body vibrator 3 – hinge
4 – base plate

ООО «Красный маяк» (РФ) выпускает вибровозбудитель общего назначения с направленными колебаниями ИВ-101Б (Рис. 4) для возбуждения направленных колебаний в установках по уплотнению бетонных смесей и грунтов, транспортирования, выгрузки и просеивания сыпучих материалов [16].

Для изменения направления действия возмущающей силы по отношению к опорной поверхности маятниковая часть вибровозбудителя может быть наклонена относительно опорной плиты на угол до $\pm 45^\circ$ путем поворота маятниковой оси при ослабленных стяжных болтах. После поворота корпуса вибровозбудителя на нужный угол стяжные болты затягивают.



Рис. 4. Вибровозбудитель ИВ-101Б
Fig. 4. Vibrator ИВ-101Б

Направленные колебания могут быть получены также с помощью двухвального вибровозбудителя.

Он состоит из двух параллельно расположенных валов, на которых закреплены дебалансы. Они вращаются с одинаковым числом оборотов в противоположных направлениях и создают прямолинейные колебания. С помощью двухвального вибровозбудителя можно получить также винтовые колебания путем смещения дебалансов под углом друг к другу.

Двухвальные вибровозбудители выпускаются различных конструкций. Например, вибровозбудители серии JR (Рис. 5) компании JVM (Германия) имеют такую конструкцию [19].



Рис. 5. Вибровозбудитель серии JR
Fig. 5. Vibrator Series JR

Дебалансы вибровозбудителя серии JR (Richterreger JR) установлены на двух валах, которые вращаются в противоположных направлениях через зубчатую передачу.

Данный тип предназначен в основном для больших и тяжелых вибраций. Такие вибровозбудители работают в режимах – 750, 830 и 1000 об/мин. При этом создают вибрацию с амплитудой до 10 мм.

Маятниковый и двухвальный типы вибровозбудителей не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к вибровозбудителям вибрационной семяочистительной машины с неперфорированными рабочими плоскостями по частоте.

Отдельного внимания заслуживают электромагнитные вибровозбудители.

Они могут иметь различную конструкцию и исполнение. Их принцип работы основан на создании пульсации электромагнитного поля, что вызывает перемещение двух тел, одно из которых прикреплено к машине. Примером могут служить вибровозбудители немецкой компании AViTEQ (Рис. 6) [13].

Промышленно выпускаемые электромагнитные вибровозбудители могут создавать вибрации только с частотой 25, 30, 50 и 60 Гц.

Основные данные некоторых вибровозбудителей, выпускаемых промышленностью приведены в таблице 1.

В схеме подключения электромагнитного вибровозбудителя имеется тиристор, пропускающий одну полуволну тока промышленной частоты 50 Гц и регулирует его силу.



Рис. 6. Электромагнитный вибровозбудитель
Das Funktionsprinzip
Fig. 6. Electromagnetic vibrator
Das Funktionsprinzip

В период протекания тока по катушке возникает сила, притягивающая друг к другу якорную и корпусные детали. В период отсутствия тока пружины возвращают якорь и корпусную деталь в исходное положение. При этом обе массы выполняют колебательное движение. Изменяя силу тока, регулируют силу (амплитуду) колебаний вибровозбудителя.

Таким образом, электромагнитный вибровозбудитель создает направленные колебания с регулируемой амплитудой.

При включении электромагнитного вибровозбудителя, движущая (электромагнитная) сила нарастает не сразу и не сразу убывает при отключении. Эти процессы подчиняются экспоненциальному закону аналогично процессам нагрева и охлаждения. Следовательно, для достижения этой силой значения больше, чем сила сопротивления пружин, требуется некоторое время. Так как подвижная часть устройства имеет массу, она инерционная. То есть на ее перемещение тоже нужно время. Поэтому, при проектировании электромагнитного вибровозбудителя, необходимо всегда учитывать соотношение сил и масс, предусматривая достаточные запасы. Запасы необходимы как по усилиям (чтобы механизм не застрял в промежуточном положении), так и по прочности, чтобы предотвратить поломки.

Исходя из этого, данный тип вибровозбудителей не может использоваться для обеспечения необходимых параметров вибраций в семяочистительных машинах.

Таблица 1. Характеристика некоторых вибровозбудителей
Table 1. Characteristics of some vibrators

Тип вибровозбудителя	Частота вибрации, Гц	Амплитуда колебаний, мм	Минимальный вес, кг
Вибрационный двигатель компании FRIEDRICH Schwingtechnik GmbH	1500	3-5	11
	1800	2,1-3,5	11
	3000	0,5-2	9
	3600	0,3-1,4	9
Вибровозбудители серии JR (Richterreger JR)	750	11-18	410
	850	11-18	410
	1000	6-10	340
Электромагнитный вибровозбудитель Das Funktionsprinzip	25	1,9-4	37
	30	1,5-3,2	39
	50	0,4-1,2	42
	60	0,9-1,7	45
Вибровозбудитель ИВ-101Б	1500		

Таким образом, проведенный анализ показал, что промышленностью не выпускается вибровозбудитель, который мог бы использоваться на вибрационной семяочистительной машине для получения ударного режима движения семян по сепарирующим плоскостям.

Первым этапом разработки вибровозбудителя является выбор типа конструкции. Наиболее приемлемым является конструкция двухвального вибровозбудителя. Данный тип позволяет получать направленные вибрационные колебания. Изменение частоты колебания достигается путем изменения частоты вращения валов, а изменение амплитуды колебаний – изменением массы дебалансов.

Главное условие работы такого вибровозбудителя – вращение валов должно быть в противоположных направлениях и с одинаковой скоростью, то есть без проскальзывания.

Широкое распространение получили вибровозбудители, в которых привод валов осуществляется благодаря цилиндрической зубчатой передаче [1, 2].

Существенным недостатком такого привода есть необходимость смазки зубчатых колес, что в свою очередь, приводит к необходимости изготовления герметичного корпуса вибровозбудителя.

Это затрудняет обслуживание, наладку и использование таких вибровозбудителей.

Следующим недостатком их является шумность при высокой частоте вращения

[8]. Это усложняет условия труда при выполнении работ по очистке семян.

Для уменьшения шумности вибровозбудителя на высоких частотах предлагается заменить зубчатую передачу на ременную. Чтобы при этом избежать проскальзывания ремня на шкивах, применена зубчатая ременная передача.

Зубчатая ременная передача сочетает в себе преимущества ременных, цепных и зубчатых передач, а именно:

- высокая нагрузочная способность и долговечность;
- отсутствие проскальзывания;
- относительно небольшое первоначальное натяжение и значительно меньше нагрузка на валы, чем при ременных передачах;
- не требует смазки;
- низкий уровень шума [9].

Для обеспечения вращения валов в противоположных направлениях, зубцы на ремне должны быть расположены как с внутренней стороны, так и с внешней.

Предлагаемый привод валов вибровозбудителя приведен на рисунке 7 [15].

Установка дебалансов на валах выполнена с помощью кронштейнов (Рис. 8).

Вибровозбудитель прямолинейных колебаний двухвального типа с ременной зубчатой передачей крутящего момента представлен на рисунке 9.

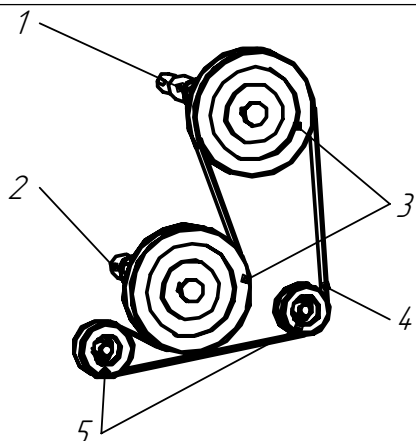


Рис. 7. Предложенный привод валов вибро-
возбудителя:

1 – ведущий вал; 2 – ведомый вал; 3 – зубча-
тые шкивы; 4 – двухсторонний зубчатый
ремень; 5 – натяжной ролик

Fig. 7. The proposed drive shaft vibrator:

1 – drive shaft; 2 – cast shaft; 3 – toothed pul-
leys 4 – bilateral toothed belt, 5 – tensioner
roller

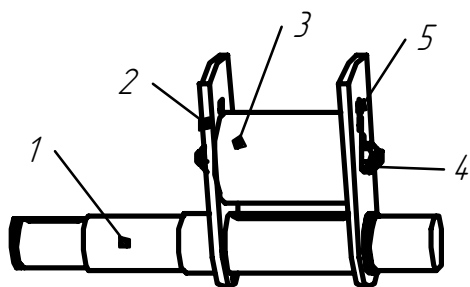


Рис. 8. Установка дебалансов:

1 – вал; 2 – кронштейн; 3 – дебаланс;
4 – гайка фиксации дебаланса; 5 – отверстия
для перестановки дебалансов

Fig. 8. Install unbalance:

1 – shaft; 2 – arm; 3 – unbalance; 4 – nut fixing
the unbalance; 5 – holes permutation unbalance

Вибровозбудитель состоит из двух пла-
стин, на которых закреплены два вала на
подшипниковых опорах. Межцентровое рас-
стояние между валами составляет 205 мм.
Для привода валов на их концах закреплены
зубчатые шкивы диаметром 150 мм. На шки-
вы натянуто двусторонний зубчатый ремень
следующим образом (Рис. 7), чтобы валы
вращались в противоположных направлени-
ях без проскальзывания. Для создания натя-
жения ремня использовано натяжной зубча-
тый ролик, диаметром 66 мм.

Крепление дебалансов выполнено с по-
мощью кронштейнов (Рис. 8).



Рис. 9. Вибровозбудитель прямолинейных
колебаний двухвального типа с ременной
зубчатой передачей

Fig. 9. Vibrator rectilinear oscillations with a
belt-type two-shaft gears

Кронштейны позволяют установку деба-
лансов массой от 0,3 кг до 2 кг на расстоянии
50, 60, 70 и 80 мм от оси вала. Заменой деба-
лансов и изменением их положения в крон-
штейнах достигается изменение амплитуды
колебаний от 0,5 до 4 мм.

Частота колебаний изменяется путем из-
менения частоты вращения валов.

ВЫВОДЫ

Вибровозбудитель прямолинейных коле-
баний двухвального типа с ременной зубча-
той передачей дает возможность получить
ударный режим движения семян по рабочим
плоскостям вибрационной семяочистной
машины.

Частота колебаний регулируется путем
изменения частоты вращения ведущего вала,
амплитуда колебаний – путем установки де-
балансов различной массы и изменением
радиуса их вращения.

Использование двухстороннего зубчатого
ремня дает возможность получения низкого
уровня шума и устраняет необходимость
использования масла для смазывания зубча-
тых колес в корпусе вибровозбудителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 915979 SSSR, МКI V 07 V 1/36.
Ustrojstvo dlja razdelenija zernistyh smesej /
P.M. Zaika, A.I. Zavgorodnij, A.V. Bogomolov,

- V.A. Gudim, L.G. Tkach (SSSR). – № 2979610/29-03; zajavl. 27.06.80; Opubl. 30.03.82, Bjul. № 12. - 4.
2. A.S. 1049123 SSSR, MKI V 07 V 1/36. Ustrojstvo dlja razdelenija zernistyh smesej: / P.M. Zaika, A.I. Zavgorodnij, A.V. Bogomolov, V.A. Gudim, A.K. Evseeva (SSSR). - № 3286910/29-03; zajavl. 29.04.81; Opub. 23.10.83, Bjul. № 39.- 3.
3. Azbel G. G., Blexman I. I. 1981. Vibratsiya v texnike. : cpravochnik v shesti tomax. – M: Mashinostroenie, - 509.
4. Bogomolov A. V. 1984. Obosnovanie parametrov texnologicheskogo procesa ochistki I sortirovaniya semyan konopli na vibratsionnoi semyaochistitelnoi mashine : Aftoreferat. Dis. Kand. texn. nauk. – Kharkov, – 24.
5. Byshyev V. Z. 1976. Cemyaochistitelnie mashini. : – M.: Nayka, – 225.
6. Chalyj I. V. 1992. Obosnovanie tehnologicheskikh parametrov separacii semjan skl'sko-hozjajstvennyh kul'tur na dekah s reguljarnym mikrorel'efom: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.05.11 - Har'kov, - 232.
7. Instrukcija po ustanovke i jekspluatacii. Vibracionnye dvigateli – FRIEDRICH Schwingtechnik GmbH, 2011. – 40.
8. Kudrjavcev V. N., Derzhavec Ju. A., Gluharev E. G. 1971. Raschety i proektirovanie zubchatyh reduktorov: spravochnik. - L. : Mashinostroenie, - 328.
9. Kurmaz L. V. 2010. Osnovy konstrujuvannja mashin6 navchal'nij posibnik. - Harkiv, 532.
10. Lovejkin V., Chornjuk Ju., Kulyk V. 2012. Optimizacija rezhimov kolebanija zernovyh smesej pri nalichii suhogo trenija. Motrol, - Motoryzacija i energetyka rolnictva. - Lublin. Tom 14, №3, 140-147.
11. Luk'janenko V. M. 2001. Obosnovanie parametrov processa separacii semjan rapsa i surepicy na vibracionnoj mashine. : dis. ... kand. tehn. nauk: 05.05.11 - Har'kov, - 415.
12. Majatnikovij vibrator / internet-zhurnal o betone. – Rezhim dostupu: <http://www.betonoved.ru/data/oborud/ob20.php>.
13. Operating Manual for Magnetic Vibrators – AViTEQ Vibrationstechnik GmbH, 2010. – 42.
14. Pastyshenko S., Ogienko N. 2012. Teoriti-cheskie aspekty isledovaniya processa separacii texnologicheskoi semennoi massi ovachebax-chevix kyltur. Motrol, – Motoryzacija i energetyka rolnictva. Lublin. Tom 14, 13 – 20.
15. Patent na korisnu model' №60004 Ukraina, MPK (2011.01) V07V 1/00. Vibrozbudnik prjamolinijnih kolivan' / Luk'janenko V.M., Zhylina O.O., Nikitjuk M.M., Galich Y.V., Kis' V.M., Luk'janenko O.V.; vlasnik Har'kivs'kij nacional'nij tehnicnyj universitet sil's'kogo gospodarstva ymeny Petra Vasilenka. - zajavl. 08.11.2010; opubl. 10.06.2011, Bjul. №11.
16. Promyshlennye vibratory. Jaroslavskij zavod «Krasnyj Majak» - Jaroslavl': Dizajn studija «Ja», 2006. - 27.
17. SSBT. Shum. Obshhie trebovanija bezopasnosti: GOST 12.1.003-83. - [Chinnij vid 1984-07-01]. – M.: ICK IZDATEL"STVO STANDARTOV, 1983. - 12.
18. Stepanenko S. 2012. Osobennosti modelirovanija processov separacii zerna v uslovijah zernotoka hozjajstva. Motrol, - Motoryzacija i energetyka rolnictva. - Lublin. Tom 14, №3, 148-157.
19. Vibratory Drive Units by JVM – Rezhim dostupu: <http://www.j-vm.com/en/products>.
20. Zaika P.M., Maznev G.E. 1978. Separacija semjan po kompleksu fiziko-mehaniceskikh svojstv. - M.: Kolos, 287.

INCREASE OF THE PRODUCTIVITY OF OSCILLATION MACHINE FOR SEPARATION OF SEED WITH THE UNPERFORATED WORKERS PLANES

Summary. The paper considers the possibility of increasing the productivity of vibration machine for cleaning the seeds by changing the mode of movement on the working plane. In order to provide the necessary parameters for shock vibration mode of movement of seed was designed vibrator belt type.

Key words: Vibration machine for cleaning the seeds, increasing productivity shock mode vibrator.