

УДК 631.362.3

## ВЛИЯНИЕ ВИДА ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ РЕШЕТЕ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ

В. А. Патрин, кандидат технических наук, профессор

В. А. Крум, старший преподаватель.

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: patrin.a@bk.ru

*Ключевые слова:* горизонтальное цилиндрическое решето, зерновой ворох, коэффициент сепарации, полнота выделения примесей, коэффициент использования поверхности решета, порционный режим движения зерна

**Реферат.** Предложена новая методика оценки процесса сепарации зернового вороха в горизонтальном цилиндрическом решете, позволяющая определить коэффициент сепарации и полноту выделения мелких примесей в динамике через каждые 5–10 с одновременно для каждого из 12 участков поверхности решета. Результаты экспериментальных исследований, проведенных по данной методике, позволяют получить ответы на следующие вопросы. Сколько времени зерно должно находиться в рабочем органе, чтобы получить заданную полноту выделения примесей? На какой части поверхности решета выделяются примеси? Как влияет режим движения зернового вороха в решете на интенсивность процесса сепарации? В статье приведены результаты опытов по определению полноты выделения примесей и коэффициента интенсивности процесса сепарации для цилиндрического решета на перекатном, челночно-перекатном, смешанном и новом, открытом авторами, порционном режиме движения зернового вороха на различных культурах с разной степенью его заполнения зерном. Опыты показали, что наиболее интенсивно процесс сепарации идет при порционном режиме движения зернового вороха в цилиндрическом решете, при котором коэффициент использования поверхности решета составляет более 0,75, а кинематический режим решета находится в пределах 1,5–2.

Горизонтальные цилиндрические решета, несмотря на простоту привода, наличие сложного силового поля, позволяющего использовать для разделения зернового вороха центробежные силы, пока мало используются в производстве [1, 2]. Причиной этому являются малые кинематические режимы его работы и низкий коэффициент использования поверхности решета (10–12%), непосредственно участвующей в выделении мелких примесей.

Принято определять полноту выделения мелких примесей и коэффициент сепарации за время всего опыта, которое часто устанавливают произвольно и получают средние величины указанных параметров, не позволяющие оценить процесс сепарации в динамике [3].

Цель экспериментальных исследований состояла в определении интенсивности процесса сепарации в цилиндрическом решете на разных кинематических режимах работы.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В отличие от существующих методик предлагается оценку качества сортирования проводить в динамике. Пробы отбирали через заданные промежутки времени (5–5–10–20 с) в течение всего опыта из-под 12 равных площадок поверхности цилиндрического решета, не нарушая процесса его работы.

Для оценки качества работы решета авторы использовали показатель полноты выделения примесей

$$E_n = V/P,$$

где  $V$  – количество выделенных примесей;

$P$  – масса примесей в зерне до его обработки.

Коэффициент сепарации  $k$ , определяли из выражения [4]

$$E_n = 1 - e^{-kt},$$

где  $t$  – время сепарации, с;

$e = 2,718$  – иррациональное число.

$$k = \frac{\ln(1 - E_n)^{-1}}{t}$$

На рис. 1 приведена схема сбора примесей, просеявшихся с 12 равных участков нижней поверхности цилиндрического решета.

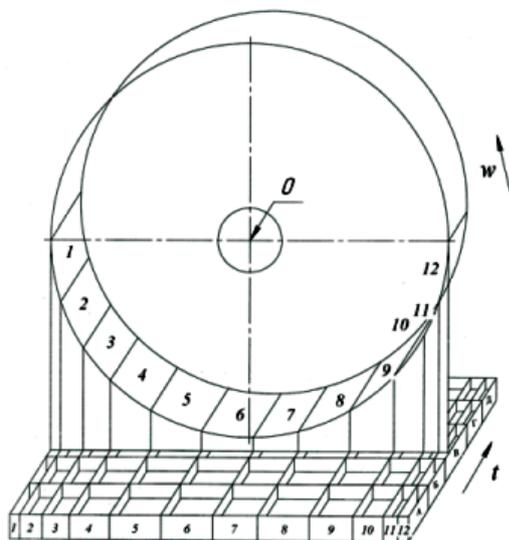


Рис. 1. Схема установки для определения коэффициента сепарации и зоны выделения мелких примесей на цилиндрическом решете

Под решетом были установлены 12 вертикальных пробирочников, задача которых – отводить с каждого участка мелкие примеси, прошедшие через решето, и подавать их на подвижный горизонтальный пробирочник, имеющий 60 съемных приемников. Каждая ячейка имеет координатное обозначение, чтобы исключить ошибку при отборе и взвешивании проб. Например, ячейка В3 обозначает, что момент времени после начала сепарации составляет 20 с, продолжительность сепарации – 10 с, а цифра 3 показывает, что проба получена с третьего участка поверхности решета. Горизонтальные пробирочники перемещаются на роликах по направляющим через заданные промежутки времени. Время сепарации на каждом отрезке опыта составляло: А – 5, Б – 5, В – 10, Г – 20, Д – 40 с.

За время одного опыта получали 60 проб. Затем для каждого участка поверхности решета определяли полноту выделения примесей, коэффициент сепарации и по данным расчета строили графики.

Порядок проведения опыта заключался в следующем:

– в цилиндрическое решето засыпали зерновую культуру заданной влажности и степени заполнения цилиндра;

– устанавливали нужный режим движения зерна;

– горизонтальный пробирочник устанавливали в начальное положение;

– через отверстие в торцевой стенке решета засыпали навеску мелких примесей, засекали время на секундомере, время сепарации регулировали перемещением горизонтального пробирочника по направляющим.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перекаточный режим движения зерна, особенно при больших и средних степенях заполнения зерном, имеет низкий коэффициент использования поверхности решета (рис. 2). В работе участвует 12% поверхности решета. Неподвижное ядро и поднимающийся нижний слой зерна препятствуют движению мелких примесей к поверхности решета. Решето работает там, где имеет место сдвиговое течение, на участках поверхности решета 4; 5; 6 и 11; 12.

По рис. 2, б полнота выделения мелких примесей на заданном отрезке времени определяется суммированием ординат полноты выделения примесей на каждом временном участке. Например,  $\varepsilon_A + \varepsilon_B + \varepsilon_B = 0,2 + 0,13 + 0,15 = 0,48$ . Следовательно, задаваясь полнотой выделения примесей, по графику можно определить необходимое время нахождения обрабатываемого зерна в цилиндрическом решете, при котором будет обеспечена требуемая полнота выделения примесей.

Перекатно-челночный режим характеризуется сложностью движения зерна в цилиндре: кроме основного, перекаточного, движения, зерновое тело совершает колебательные перемещения вверх – вниз по внутренней поверхности решета с амплитудой колебания  $\Delta X$  (положения а – в зернового тела) (рис. 3). Данный режим движения зерна имеет место при малых и средних загрузках и низком внутреннем трении зерна при его влажности не более 20%, особенно в таких культурах, как овёс и горох [5, 6].

Перекатно-челночный режим движения имеет высокий коэффициент сепарации, достигающий величины 0,04 в зоне ссыпания верхнего слоя на поверхность решета. Коэффициент использования поверхности решета составляет 0,25, работает вся поверхность решета, соприкасающаяся с зерновым телом.

По графику можно определить полноту выделения мелких примесей, которая в зоне ссыпания 6 и 7 в первые 5 с сепарации составляет 0,75–0,7.

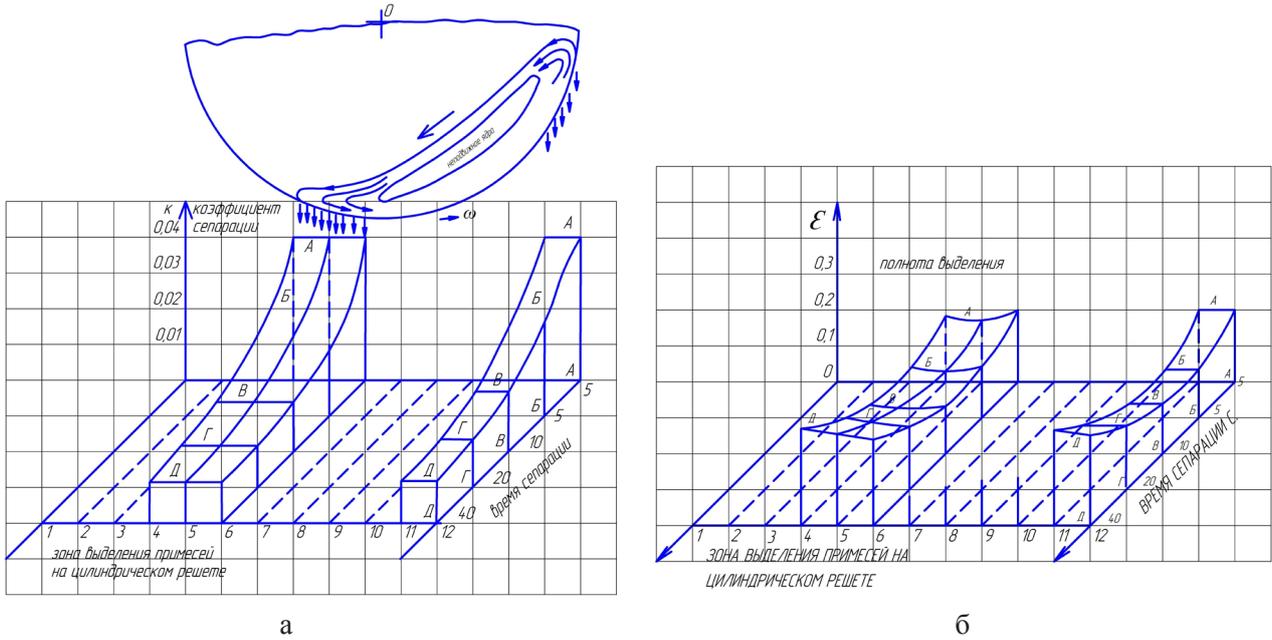


Рис. 2. Зависимость коэффициента сепарации (а) и полноты выделения примесей (б) от времени работы решета и зоны просеивания при перекатном виде движения зерна. Культура – пшеница; степень заполнения решета – 0,29; засорённость – 10%; число оборотов решета – 27 об/мин; коэффициент центробежности – 0,3; коэффициент использования поверхности решета – 0,125

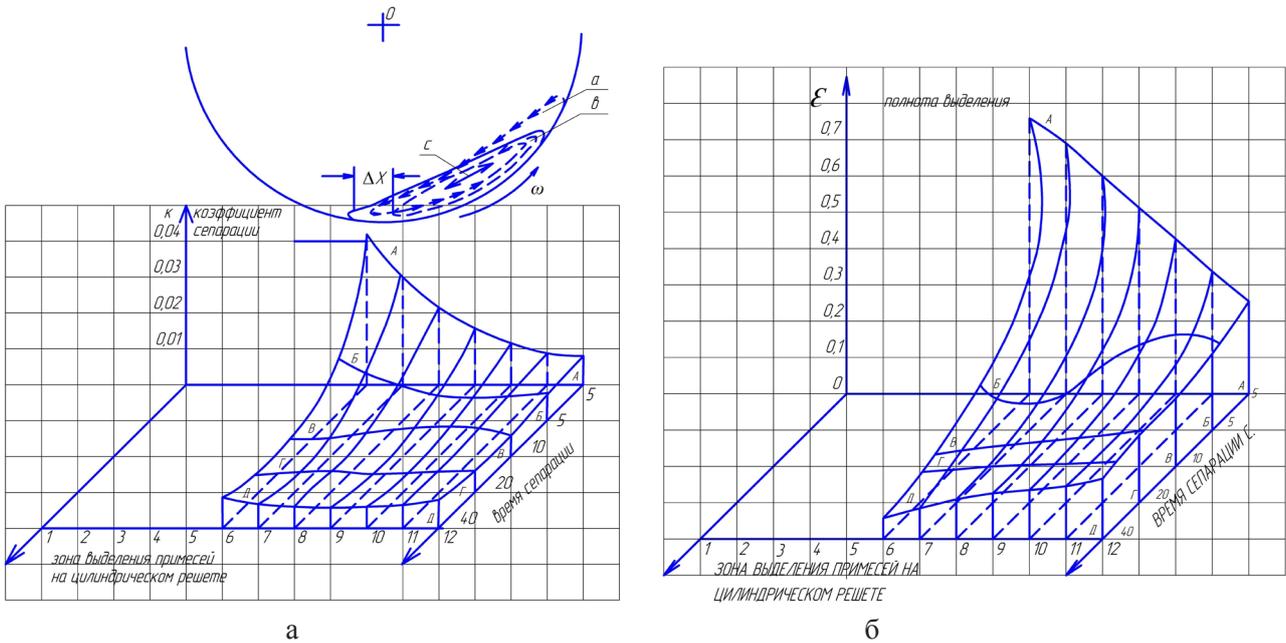
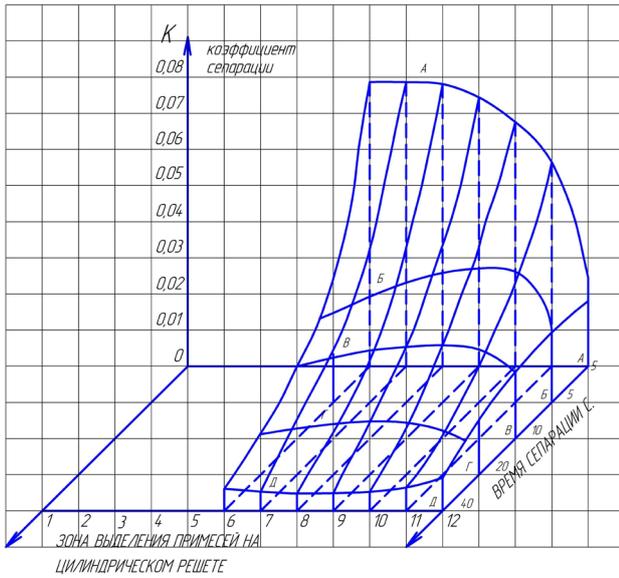


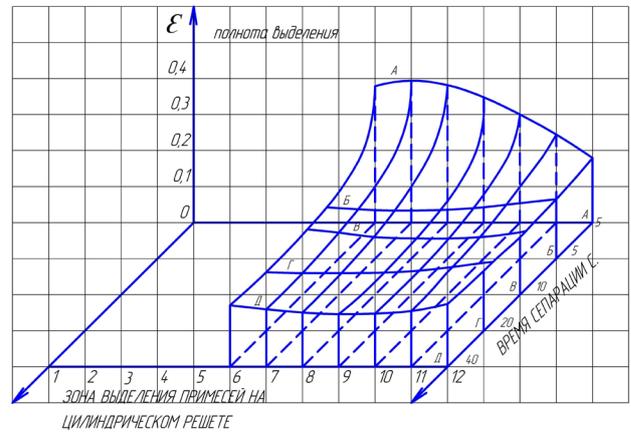
Рис. 3. Зависимость коэффициента сепарации (а) и полноты выделения примесей (б) от времени работы решета и зоны просеивания при перекатно-челночном виде движения зерна. Обрабатываемая культура – овёс; степень заполнения решета – 0,1; засорённость – 10%; число оборотов решета – 28 об/мин; коэффициент центробежности – 0,3; коэффициент использования поверхности решета – 0,25

Смешанный, или перекатно-водопадный, режим движения сыпучей среды в горизонтальном вращающемся цилиндре имеет место при достаточно больших загрузках зерна и коэффициентах центробежности больше единицы (рис. 4). При данном режиме работают почти все суще-

ствующие цилиндрические решёта и триеры. Незначительное изменение внешних управляющих факторов (нагрузки или оборотов решета) может перевести систему в чисто перекатный или водопадный виды движения.

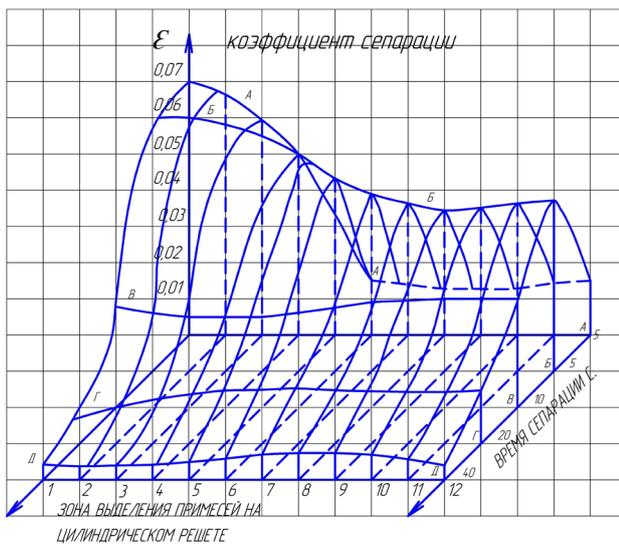


а

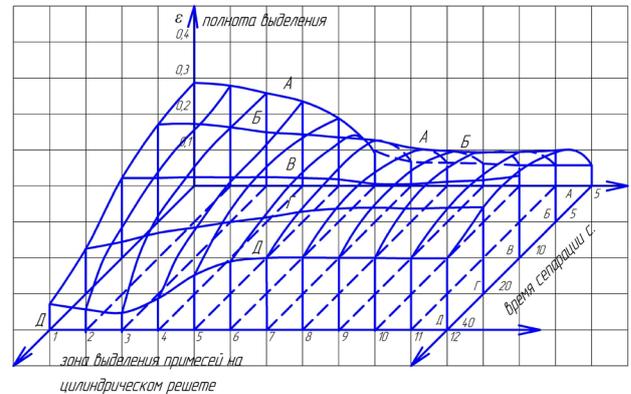


б

Рис. 4. Зависимость коэффициента сепарации (а) и полноты выделения примесей (б) от времени работы решета и зоны просеивания при смешанном виде движения зерна. Обрабатываемая культура – овёс; степень заполнения решета – 0,1; засорённость – 10%; число оборотов решета – 55 об/мин, коэффициент центробежности – 1,2; коэффициент использования поверхности решета – 0,25



а



б

Рис. 5. Зависимость коэффициента сепарации (а) и полноты выделения примесей (б) от времени работы решета и зоны просеивания при порционном движении зерна. Обрабатываемая культура – овёс; засорённость – 10%; степень заполнения решета зерном – 0,2; число оборотов решета – 63,8 об/мин; коэффициент центробежности – больше 1,6; коэффициент использования поверхности решета – больше 0,75

На рис. 4, б видно, что максимальная полнота выделения мелких примесей имеет место в зоне ссыпания верхнего слоя на поверхность решета (зоны выделения 6, 7, 8). За время обработки зерна в цилиндрическом решете при смешанном режиме, равное 40 с, минимальная полнота выделения мелких примесей имеет место в зонах 11 и 12 и составляет 0,65.

Порционный режим движения зерна обладает большей устойчивостью, чем водопадный, имеет высокий коэффициент сепарации, особенно в левой части цилиндра, где поверхность решета (3-й и 4-й квадранты) остаётся в процессе работы всё время свободной от зернового тела. Высокая производительность цилиндрического решета при

порционном режиме движения объясняется тем, что, во-первых, каждая новая порция обрабатываемого зерна отрывается от зернового тела, летит и падает под углом на свободную от зерна поверхность решета, а во-вторых, коэффициент использования поверхности решета в 2 раза выше, чем у цилиндрических решет существующих сортировальных машин [7].

### ВЫВОДЫ

1. Низкая производительность горизонтальных цилиндрических решет имеет место при перекатном режиме движения зерна и большой степени заполнения зерном. Коэффициент использования поверхности у таких решет составляет всего 12%. Зона выделения примесей находится в месте ссыпания зерна на решето и при отрыве от решета в верхней точке скатывания.
2. Перекатно-челночный режим движения в цилиндрическом решете имеет место на сухом зерне, при малой степени заполнения решета (0,5–0,15) и коэффициенте центробежности 0,3–0,5. Выделение примесей происходит по

всей площади контакта зернового тела с поверхностью решета. Коэффициент использования поверхности решета составляет 0,25.

3. При смешанном перекатно-водопадным режиме движения зерна работают все существующие цилиндрические решета. Это вид движения имеет место при большой степени заполнения цилиндра зерном – более 0,1–0,25 и коэффициентах центробежности выше 1,2–1,5, он характерен высоким коэффициентом сепарации – 0,06 и полнотой выделения примесей за 40 с, равной 0,65, но коэффициент использования поверхности решета составляет не более 0,25.
4. Предлагаемый авторами новый порционный режим движения зерна [7] в горизонтальном цилиндрическом решете имеет место при степени заполнения цилиндра зерном 0,15–0,25 и коэффициенте центробежности решета 1,6–1,9. При данном виде движения зерна коэффициент сепарации составляет 0,07, а коэффициент использования поверхности решета выше 0,75, что превышает производительность существующих цилиндрических решет в 2–2,5 раза.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патрин В. А., Крум В. А., Патрин А. В. Моделирование динамики взаимодействия зерновой среды и рабочих органов сортировальных машин // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2013. – № 2. – С. 4–7.
2. Патрин В. А. Анализ силового поля горизонтального вращающегося цилиндра // Вестн. НГАУ. – 2011. – № 1. – С.138–143.
3. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины. – М., 1955. – 765 с.
4. Тиц З. Л. Об эффективности разделения сыпучих смесей // Вестн. с.-х. науки. – М., 1963. – Вып. 2, 3. – С. 28–35.
5. Сланевский А. В. Основы механики сыпучей среды во вращающихся печах и мельницах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 1998. – 39 с.
6. Сланевский А. В., Лабунина И. И., Бернштейн Л. Г. Классификационная схема режимов движения сыпучей среды во вращающемся барабане // Цемент. – 1992. – Вып. № 3. – С. 70–77.
7. Пат. 2457046 С2. Российская Федерация. МПК В07В 1/22 Способ сортирования сыпучих материалов, устройство для его осуществления и порционный способ движения сыпучей среды / В. А. Патрин, А. В. Патрин; заявители и патентообладатели В. А. Патрин, А. В. Патрин, В. А. Крум; заявл. 02.11.2010; опубл. 27.07.2012, Бюл. № 21.

### THE EFFECT OF GRAIN HEAP MOVEMENT TYPE IN THE HORIZONTAL CYLINDER SEIVE ON THE INTENSITY OF SEPARATION PROCESS

V.A. Patrin, V.A. Krum

*Key words:* horizontal cylinder sieve, grain heap, separation coefficient, admixtures detection completion, sieve surface utilization coefficient, portion mode of grain movement

*Summary.* The new technique is proposed to estimate the process of grain heap separation in a horizontal cylinder sieve that allows to determine the separation coefficient and detect small admixtures completely in

*dynamics, admixtures are detected after each 5–10 simultaneously for each of the 12 sites in the sieve surface. The experimental data obtained from this technique allow to have the following questions answered. How much time does it take for the grain to be in the working part in order to obtain the completeness assigned for admixture detecting? In which part of the sieve surface can admixture be detected? What is the way the grain heap movement mode in the sieve influences the intensity of the separation process? The paper provides the experimental data on identifying the completeness of admixtures detection and the coefficient of the separation process intensity for the cylinder sieve following the rolling, shuttle-rolling, mixed and new grain portion movement mode, designed by the authors, in different cultivars and with different levels of its being filled with grain [1]. The experiments showed that the most intensive separation process runs when grain heap movement by portions mode in the cylinder sieve where the coefficient of sieve surface utilization constitutes over 0.75, but the cinematic mode of the sieve is within 1.5–2.*

УДК 534.014.4; 537.862

### ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИКИ

**И. П. Попов**, аспирант

**В. И. Чарыков**, доктор технических наук, профессор

**Д. П. Попов**, инженер

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева

E-mail: popov\_ip@kurganobl.re

**Ключевые слова:** емкостная масса, инертная емкость, упругая индуктивность, индуктивная упругость

**Реферат.** Показано, что пружинные возвратные механизмы линейных электрических двигателей, входящих в состав систем автоматизации и роботизированных комплексов, широко используемых на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения и сельхозпереработки, приводят к возникновению искусственного реактивного сопротивления в электрической цепи управления, что обусловлено способностью пружин как запасать, так и отдавать потенциальную энергию без ее диссипации. Отмечено, что искусственная, или упругая, индуктивность электрических двигателей с упругой нагрузкой при взаимодействии с распределенными или сосредоточенными емкостными элементами цепи управления может приводить к созданию электрических колебательных контуров, в которых могут возникать свободные гармонические колебания, которые могут иметь как отрицательное, так и положительное воздействие на систему в целом. Показано, что в таких смешанных колебательных системах свободные гармонические колебания могут происходить при взаимодействии величин различной физической природы – упругости и электрической емкости. Установлено, что в отличие от традиционных колебательных систем, в которых происходит взаимное превращение энергии, обусловленной движением, – кинетической энергии и энергии магнитного поля в энергию, обусловленную положением, – энергию деформированной пружины и энергию электрического поля, в смешанной упруго-емкостной системе происходит взаимное превращение энергии, обусловленной положением, – потенциальной энергии пружины в энергию, также обусловленную положением – в энергию электрического поля конденсатора. Показано, что сравнение полученной для смешанной упруго-емкостной системы формулы собственной частоты колебаний с формулами для собственных частот механического маятника и электрического колебательного контура позволяет установить существование искусственных механических и электрических величин: емкостной массы, инертной емкости, упругой индуктивности и индуктивной упругости.

В настоящее время на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения и сельхозпереработки широко внедряются системы автоматизации, в том числе роботизированные комплексы. В составе таких систем используются, в частно-

сти, линейные электромеханические преобразователи с пружинными возвратными механизмами.

Пружина обладает способностью как запасать, так и отдавать потенциальную энергию. Если при этом не происходит потерь энергии, то