

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ СЕПАРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

Г.Н. Портянко,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Н.П. Гурнович,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Г.А. Радишевский,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Е.Г. Гронская,

ассистент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ

М.Н. Гурнович,

начальник отдела международных связей БГАТУ

В статье представлены результаты теоретических и лабораторных исследований выбора параметров пруткового интенсификатора сепарации почвы, работающего в сочетании с активным трехгранным битером.

Ключевые слова: картофелеуборочная машина, ботва, интенсификатор, трехгранный битер, сепарация почвы.

The paper presents the results of theoretical and structural analysis of selecting the parameters of a rod-type soil separation intensifier that operates in combination with an active triangular beater.

Key words: potato harvester, haulm, intensifier, triangular beater, soil separation.

Введение

Картофель является одной из основных возделываемых культур в Республике Беларусь и занимает в структуре посевных площадей около 4 %. [1]. Однако, несмотря на принимаемые меры по совершенствованию технологий возделывания картофеля, техническое обеспечение его производства отстает от уровня механизации возделывания других сельскохозяйственных культур.

Наиболее сложным технологическим процессом при производстве картофеля является уборка, которая связана с высокой повреждаемостью и потерями клубней, а также отделением значительной массы почвы (около 1000 тонн с одного гектара), поступающей с клубнями в картофелеуборочную машину [2].

В подкопанном пласте содержится 1,5-2,0 % клубней, а также растительные примеси, корневища и камни. Процесс сепарации осложняется тем, что свойства подкопанного пласта почвы непостоянны, а клубни восприимчивы к механическим повреждениям.

В технологическом процессе работы картофелеуборочной машины одним из узких мест является процесс сепарации почвы на элеваторе или выделение клубней из подкопанного пласта, который зависит от параметров сепарирующих органов, обусловленных спецификой возделывания картофеля. Поэто-

му основным вопросом для машинной уборки картофеля является эффективная сепарация почвы при минимальных повреждениях клубней.

Согласно агротехническим требованиям, используемые в настоящее время сепарирующие органы должны обеспечить выделение клубней из почвы не менее 97 % [3]. Однако не все применяемые в картофелеуборочных машинах сепарирующие органы обеспечивают соблюдение данного параметра.

В результате анализа исследований установлено, что параметры сепарирующих органов зависят от физико-механических свойств подкапываемого пласта, как среды, определяющей работоспособность уборочной техники, а также распределения плотности почвы по поперечному сечению подкапываемого пласта и формы клубней [4].

С целью нарушения внутренних связей в подкапываемом пласте целесообразно внести в конструкцию сепарирующих органов изменения, позволяющие повысить эффективность выделения клубней за счет интенсивности разрушения почвенного пласта в начале технологического процесса.

Целью работы является разработка устройства, обеспечивающего дополнительное воздействие на подкопанный пласт в начале выполнения технологического процесса с одновременным выделением растительных остатков, что обеспечит увеличение про-

ходного сечения между прутками элеватора картофелеуборочной машины.

Основная часть

Исследованиями по разрушению подкопанного пласта картофельной грядки на сепарирующих органах занимались ученые: Г.Д. Петров, Н.В. Бышов, С.Н. Борычов и А.В. Канатьева [4-7].

В картофелеуборочных машинах для выделения клубней из почвы применяются различные по конструктивному исполнению сепарирующие органы, в том числе пневматического, гидравлического и механического принципа действия.

Несмотря на простоту конструкции, пневматические и пневмомеханические отделители не нашли применения из-за высоких затрат энергии, шума, антисанитарии рабочих мест и низкой технологической способности при работе с ворохом повышенной влажности [4].

Наиболее широкое распространение получили интенсификаторы сепарации механического принципа действия, которые в зависимости от места расположения подразделяются на установленные над элеватором, под ним и между лемехом и элеватором [8].

Наибольшее распространение среди интенсификаторов сепарации, воздействующих на элеватор картофелеуборочных машин, получили роликовые и эллиптические встряхиватели (рис. 1) [9]. Их преимущество состоит в простоте конструкции и невысокой стоимости. Недостаток заключается в том, что они не способны воздействовать на растительные остатки и ботву, находящуюся в нижнем слое подкапываемого вороха, которые уменьшают живое сечение элеватора и снижают его сепарирующую способность.

Интенсификаторы, установленные над прутковым элеватором, по воздействию на пласт подразделяются на вращающиеся (рис. 2а) и колеблющиеся в направлении перемещения вороха и перпендикулярно ему (рис. 2б) [9].

Интенсификаторы с вращательным движением пальцев (рис. 2а) обладают интенсивным воздействием на ворох и широким диапазоном регулирования режимов работы. Однако они требуют плавающей установки относительно элеватора и подвержены наматыванию ботвы.

Колеблющиеся пальчатые интенсификаторы (рис. 2б) равномерно распределяют по ширине элеватора подкопанный ворох, однако снижение эффективности воздействия его на почву связано с тем, что пальцы не поднимают ботву и растительные остатки в верхние слои вороха, что способствует перекрытию живого сечения сепарирующего элеватора [10].

Интенсификаторы сепарации, установленные между лемехом и элеватором, выполняются в виде лопастных и пальцевых барабанов, штифтовых или прутковых битеров (рис. 3) и обеспечивают высокую степень крошения подкапываемого пласта и эффективное расслоение вороха на составляющие, а также подъем ботвы в верхние слои, что увеличивает сепарирующую способность элеваторов. Недостатком этих интенсификаторов является наматывание ботвы.

Данная конструкция интенсификатора используется в копателе КТН-2ВМ, в котором для разрушения подкопанного пласта, между лемехом и основным элеватором установлен активный трехгранный битер, сечение которого имеет вид правильного выпуклого треугольника. Кроме того, битер выполняет функцию защиты элеватора от лобового воздействия подкапываемого пласта и тем самым продлевает срок его

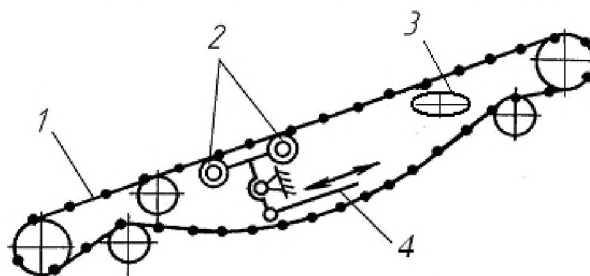
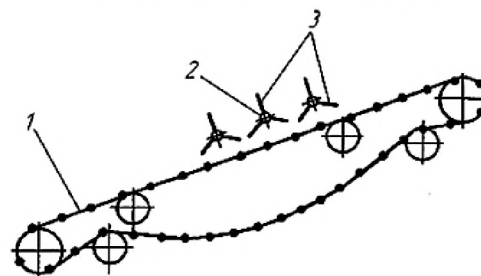
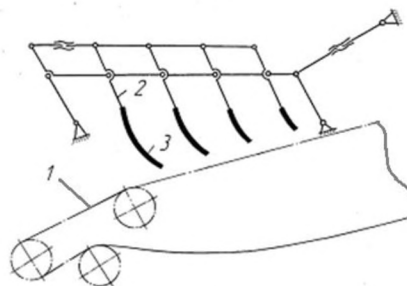


Рисунок 1. Интенсификатор сепарации, установленный под поверхность пруткового элеватора: 1 - элеватор; 2 - ролики (кулачки); 3 - встряхиватель эллиптический; 4 - шатун



а



б

Рисунок 2. Пальчатые интенсификаторы: а - с вращательным движением; б - с колеблющимся; 1 - элеватор; 2 - палец; 3 - наконечник

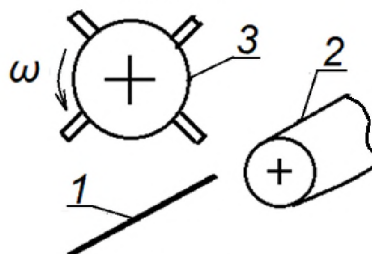


Рисунок 3. Интенсификатор барабанный: 1 - лемех; 2 - элеватор основной; 3 - барабан лопастной

службы. Недостатком данной конструкции является то, что применение сплошного битера не обеспечивает сепарацию почвы, а разрушенный им пласт ботвой и растительными остатками перекрывает просветы между прутками элеватора, что снижает его сепарирующую способность.

Для повышения эффективности процесса сепарации, в Белорусском государственном аграрном техническом университете разработано сепарирующее устройство к картофелекопатель КСТ-1,4М (рис. 4), содержащее подкапывающий лемех 2, активный трехгранный битер 3, сепарирующий элеватор 5, с установленным над ним в направлении движения вороха прутковым интенсификатором 4.

Интенсификатор (рис. 5) выполнен в виде шести независимых прутков 4, шарнирно установленных на подушках лемехов с помощью пальцев 2. Прутки в горизонтальной плоскости расположены относительно друг от друга на расстоянии $b = 180$ мм [4]. Рабочая длина прутков ($l_{пр} = 740$ мм) принята с учетом вписываемости в конструкцию копателя КСТ-1,4М. В нижней передней части каждого прутка установлен винт 1, обеспечивающий изменение амплитуды его колебаний.

Технологический процесс выполняется в следующей последовательности. Лемеха 2, подкапывая картофельный пласт, подают его на прутки интенсификатора 4, которые колеблются за счет взаимодействия с гранями битера 3, а также под действием почвы, поступающей на прутки. При этом мелкая фракция вороха с лемехов проходит сквозь прутки на основной элеватор 5. Длинная ботва и другие растительные остатки выводятся прутками из нижних слоев вороха в верхние, не уменьшая при этом просветы между прутками элеватора, что повышает его сепарирующую способность.

Угол установки (β) прутка интенсификатора (рис. 6) выбран из условия обеспечения транспортирования подкопанного пласта без сгуживания:

$$\beta < \pi / 2 - \varphi,$$

где φ – угол трения вороха по стали ($\varphi = 26^{\circ}30'$) [3].

Максимальный угол установки прутка может составлять $\beta < 63^{\circ}30'$. Из условия обеспечения транспортирования подкопанного пласта и вписываемости интенсификатора в конструкцию копателя КСТ-1,4М принято максимальное значение угла установки прутка $\beta_2 = 32^{\circ}$, а минимальное $\beta_1 = 22^{\circ}$ (рис. 6). При этом ам-

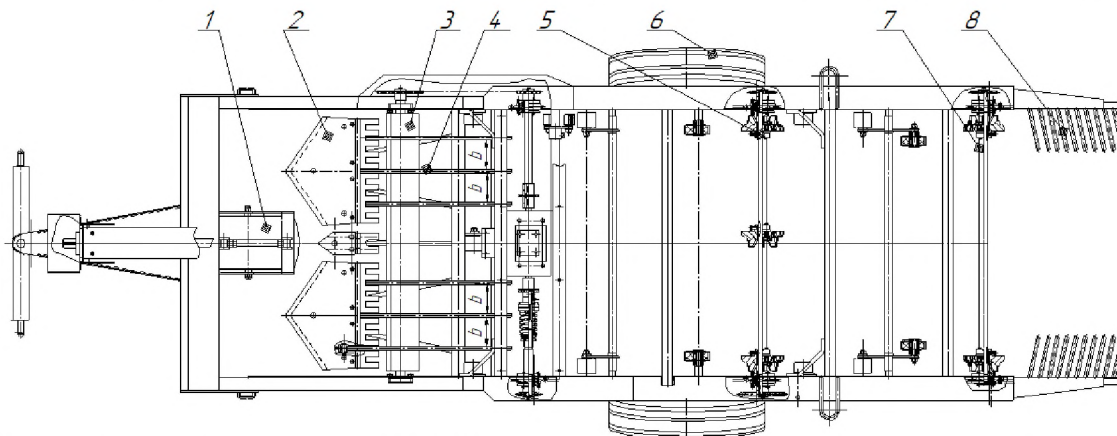


Рисунок 4. Картофелекопатель КСТ-1,4М с интенсификатором: 1 – колесо копирующее; 2 – лемех; 3 – битер трехгранный; 4 – прутки интенсификатора; 5 – элеватор основной; 6 – колесо ходовое; 7 – элеватор каскадный; 8 – решетка сужающая; b – расстояние между прутками

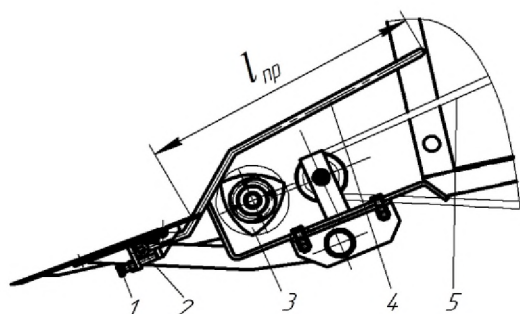


Рисунок 5. Интенсификатор:
1 – винт регулировочный; 2 – палец; 3 – битер;
4 – пруток интенсификатора;
5 – элеватор основной; $l_{пр}$ – длина прутка

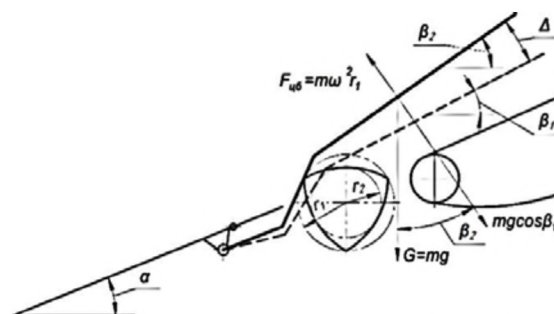


Рисунок 6. Схема к определению кинематических параметров работы интенсификатора:
 α – угол установки лемеха, град; β_1 – переменный угол установки прутка в зависимости от положения грани битера, град; r_1 – радиус описанной окружности в битер; r_2 – радиус вписанной окружности битера,

плитуда колебаний прутков составляет $\Delta = 58$ мм.

Для нарушения внутренних связей подкопанного пласта почвы необходимо, чтобы центробежная сила, действующая на подкопанный пласт со стороны прутков, была больше силы тяжести пласта, что обеспечит отрыв от него почвы (режим подбрасывания).

Запишем неравенство:

$$m\omega^2 r_i > mg \cos \beta_i, \quad (1)$$

где m – масса подкопанного пласта, кг;

ω – частота колебания прутка, с^{-1} ;

r_i – радиус описанной окружности бitera, $r_i = 0,080$ м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

β_i – переменный угол установки прутка в зависимости от положения грани бitera, град.

Из выражения 1 следует, что частота колебаний решетки составляет: при $r_2 = 0,060$ м $\omega_1 = 97,45 \text{ с}^{-1}$ и соответственно при $r_1 = 0,080$ м $\omega_2 = 117,61 \text{ с}^{-1}$. С учетом того, что бiter имеет три грани, частота колебаний составит: $\omega_1 = 32,48 \text{ с}^{-1}$ ($n_1 = 310,31 \text{ мин}^{-1}$) и $\omega_2 = 39,20 \text{ с}^{-1}$ ($n_2 = 374,52 \text{ мин}^{-1}$).

Для обеспечения транспортирования подкопанного пласта с лемеха на элеватор необходимо, чтобы окружная скорость бitera (V_6) была больше поступательной скорости агрегата [11]:

$$1,2 \cdot V_6 \geq V_M.$$

Окружная скорость грани бitera будет равна $V_6 = 1,2 \cdot \omega_2 \cdot r_2 = 1,2 \cdot 39,20 \cdot 0,080 = 3,76 \text{ м/с}$;

V_M – поступательная скорость агрегата, м/с .

Максимальная скорость движения копателя должна быть не более $V_M = 1,30 \text{ м/с}$ ($4,68 \text{ км/ч}$) [12]. Условие перемещения пласта под воздействием бitera по пруткам интенсификатора выполняется.

Для оценки эффективности предлагаемой конструкции интенсификатора проводились лабораторные исследования в почвенном канале БГАТУ. Изучалось влияние амплитуды и частоты колебаний прутков на сепарацию почвы (%). Анализ полученных графических зависимостей, приведенных на рис. 7а, показывает, что сепарация почвы с увели-

чением амплитуды более $\Delta_i = 40$ мм возрастает незначительно. Кроме того, с увеличением амплитуды колебаний интенсификатора возникает вероятность сгуживания почвы.

Зависимость сепарации почвы от частоты колебаний прутков (n) при амплитуде $\Delta_i = 40$ мм приведена на графике (рис. 7б), из которого следует, что с увеличением частоты колебаний прутков интенсификатора количество просеянной почвы возрастает.

Заключение

Для повышения сепарирующей способности картофелеуборочных машин используются различные конструкции интенсификаторов. Они позволяют на начальной стадии выполнения технологического процесса воздействовать на подкопанный лемехами пласт, нарушая его внутренние связи и целостность. Одним из таких элементов является разработанный интенсификатор, содержащий шесть независимых прутков, шарнирно установленных на подушках лемехов и осуществляющих колебательное движение при помощи трехгранного бitera.

В результате проведенных исследований определены технологические параметры предложенного интенсификатора, установленного на картофелекопатель КСТ-1,4 М: при длине прутков $l_{пр} = 740$ мм, расстоянии между ними $b = 180$ мм частота их колебаний должна быть $n = 374,52 \text{ мин}^{-1}$, амплитуда – $\Delta_i = 40$ мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сборник / И.В. Медведова [и др.]. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2021. – 179 с.
2. Бышов, Н.В. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных комбайнов: монография / Н.В. Бышов, А.А. Сорокин. – Рязань: Скопинская типография, 1999. – 128 с.
3. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины /

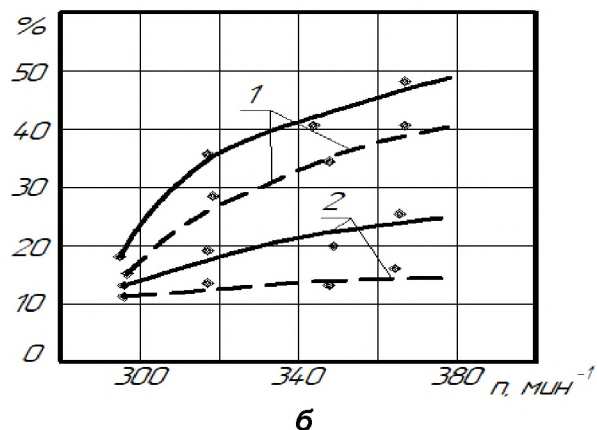
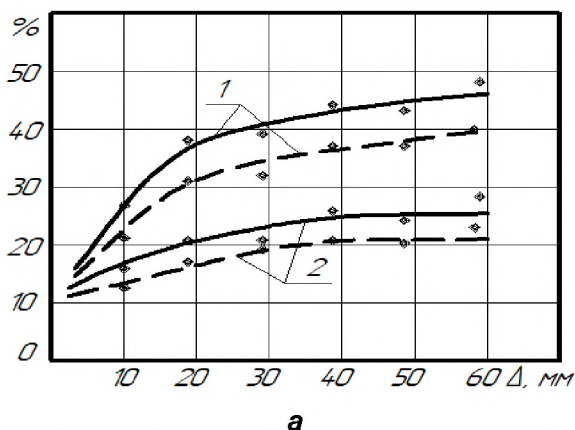


Рисунок 7. Зависимость сепарации почвы на элеваторе: а – от амплитуды колебаний прутка (Δ); б – от частоты вращения бitera (n): 1 – $V_M = 1,3 \text{ м/с}$; 2 – $V_M = 1,1 \text{ м/с}$
— песчано-суглинистая почва; - - - средний суглинок

Г.Д. Петров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.

4. Петров, Г.Д. Тенденции развития и конструкции машин для возделывания и уборки картофеля / Г.Д. Петров, Е.А. Матвеева. – М.: Машиностроение, 1969. – 54 с.

5. Технология уборки картофеля в сложных условиях с применением перспективных решений в конструкции и обслуживании комбайнов: монография / Н.В. Бышов [и др.] // . – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2015. – 304 с.

6. Борычев, С.Н. Технология и машины для механизированной уборки картофеля (лбор, теория, расчет): монография/ С.Н. Борычев. – Рязань: РГСХА, 2006. – 201 с.

7. Перспективные направления интенсификации подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин/ А.В. Канатъева [и др.] // Молодой ученый – 2017. – № 11.3 (145.3). – С. 7-10.

8. Сероватов, В.А. Эффективность пневмомеханического отделения клубней в картофелеуборочном комбайне / В.А. Сероватов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1987. – № 10. – С. 35-37.

9. Якутин, Н.Н. Совершенствование технологического процесса и средства интенсификации сепарации картофелеуборочных машин: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Н.Н. Якутин. – Рязань, 2014. – 122 с.

10. Рогов, С.С. Совершенствование технологического процесса и органа первичной сепарации почвы в картофелеуборочных машинах: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 /С.С. Рогов. – Рязань, 2009. – 185 с.

11. Сорокин, А.А. К расчету параметров колеблющегося (вибрационного) лемеха картофелеуборочной машины / А.А. Сорокин // Тр. ВИСХОМа, 1960. – Вып. 30. – 165 с.

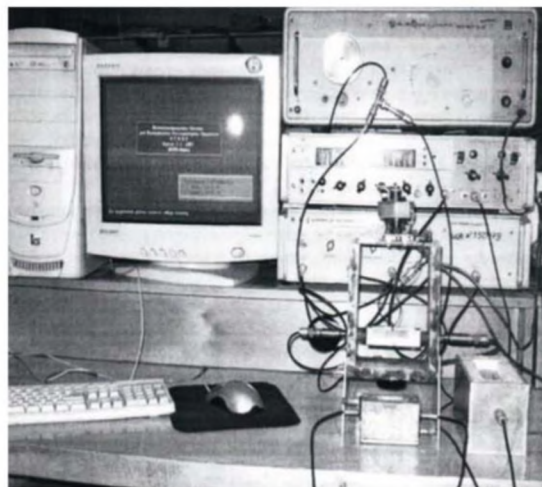
12. Инструкция по эксплуатации копателя КСТ-1,4А. – Лида: Лидагромаш, 2008. – 23 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.01.2023

Информационная измерительная система для измерений физических, геометрических, структурных характеристик материалов

Предназначена для исследования и тестирования состояния материалов и сред на основе анализа закономерностей параметрического воздействия изменяющихся во времени характеристик на частотно-фазовые соотношения зондирующих акустических и электрических колебаний.

Измерительная система успешно применена для изучения свойств и состояния магнитных и немагнитных металлов, полимерных композитов, включая кинетику их перехода к твердому состоянию.



Основные технические данные

Измеряемая величина	Диапазон измерения	Погрешность
Электрическая емкость	20... 1000 пФ	$3 \cdot 10^{-2}$ пФ
Индуктивность	10...1000 мкГн	$3 \cdot 10^{-2}$ мкГн
Удельная электрическая проводимость	$10^3 \dots 5 \cdot 10^7$ См/м	10^{-3} См/м
Диэлектрическая проницаемость	1...20	10^{-3}
Избыточная температура	100... 500 К	10^{-3} К
Относительные изменения скорости ультразвука	300...6000 м/с	10^{-5}
Малые перемещения	0... 1 мм	1 мкм