

## ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

Taras Gucol\*, Janusz Nowak\*\*, Ivan Bendera\*

\* Podolian State Agricultural University, Szevczenka Str. 13, Kam'yanets-Podil'sky, 32300, Ukraine,  
e-mail: gtd777@mail.ru

\*\* University of Life Sciences in Lublin, Głęboka Str. 28, 20-612 Lublin, Poland

**Аннотация.** Приведено теоретическое обоснование формы рабочей камеры пневмомеханического устройства для сбора насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур. Рассмотрено картофельный куст и построенные математические модели.

**Ключевые слова:** насекомое-вредитель, трубопровод, рабочая камера.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ В ОБЩЕМ ВИДЕ И ЕЕ СВЯЗЬ С ВАЖНЫМИ НАУЧНЫМИ ИЛИ ПРАКТИЧЕСКИМИ ЗАДАНИЯМИ

Болезненной проблемой сельского хозяйства является борьба с насекомыми-вредителями. Они составляют причину потери урожая сельскохозяйственных культур (картофель, помидоры, баклажаны, пшеница и тому подобное), которые достигают 30 %. Механический (ручной) сбор практикуется на небольших приусадебных участках и в существующем виде малоэффективный. На сегодня самым эффективным следует считать химическую защиту, которая понятно, имеет ряд радикальных недостатков. Основным недостатком является экологическая опасность использования агрессивных ядохимикатов разного типа. На сегодняшний день, несмотря на рекламные заверения о безвредности этих препаратов для человека, систематические исследования их влияния на окружающую среду не проводится. При массовом долгосрочном применении ядохимикатов идет процесс мутации растения, самих насекомых-вредителей, а именно главное, что отрицательные черты будут проявляться на следующих поколениях людей.

Следует заметить, что иммунная система вредителя приспосабливается к химическим препаратам и поэтому, раз в 2-3 года необходимо изменять препараты на новые и более сильные за ядовитыми веществами. На наш взгляд такой подход использования ядохимикатов носит тупиковый характер и является опасным в глобальном масштабе. Поэтому перед научным заведением Института механизации и электрификации сельского хозяйства, в составе Подольского государственного аграрно-технического университета,

стояло задание изобретения альтернативных, экологически безопасных путей решения данной проблемы.

Одним из направлений получения экологически чистой продукции сельского хозяйства является применение пневмомеханических машин для сбора вредных насекомых.

Поэтому существует прямая необходимость в исследовании и разработке пневмомеханических средств сбора, которые обязывают к теоретическому обоснованию параметров пневмоустройства.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ, В КОТОРЫХ ПОЛОЖЕНО НАЧАЛО РЕШЕНИЮ ДАННОЙ ПРОБЛЕМЫ, ВЫДЕЛЕНИЯ НЕРЕШЕННЫХ РАНЕЕ ЧАСТЕЙ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ

Научные работники уделяют значительное внимание разработке и исследованию экологически чистых способов и средств борьбы с насекомыми-вредителями. Весомый взнос в разработку этой проблемы сделали Онопа и Петренко [2], Бонзяк, Бендера и Самокиш [1], Андреев, Волошин и Носков [3, 4]. Ими предложены разнотипные устройства для сбора насекомых. В ряду стран, таких как Франция, Германия пневматические машины для сбора вредителей используются давно. В частности, в Германии фирмой Engelhardt создан агрегат модели Biosollektor, который работает по принципу всасывания насекомых из растений.

Следует заметить, что в указанных научных публикациях показаны только общие черты данной проблемы, а создание более высокоэффективных машин для пневмомеханического сбора вредных насекомых требует теоретического исследования, которое необходимо для определения оптимальных параметров данных устройств.

### ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕЛЕЙ СТАТЬИ

Ввиду изложенного выше, целью и основным заданием статьи является освещение теоретических основ и зависимостей элементов агрегата, в частности, обоснование формы рабочей камеры пневмомеханического устройства для сбора насекомых-вредителей в зависимости от вида растения.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЯ С ПОЛНЫМ ОБОСНОВАНИЕМ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В Институте механизации и электрификации сельского хозяйства Подольского ДАТУ разработана, изготовлена и апробирована в полевых условиях устройство для пневмомеханического сбора насекомых на больших площадях. Одними из объектов исследований были картофельные кусты, колорадские жуки и соответствующая форма рабочей камеры пневмоустройства.

Предложена технологическая схема пневмоустройства, который состоит из следующих элементов: заборник, отсасывающего и нагнетающего воздухопроводов, вентилятора, механизма уничтожения, трактора.

Использование разработанного устройства можно считать безопасным. Пневмокамера движется по картофельной строке, вертикальный поток воздуха подхватывает скинутых с листьев вредителей и выносит их в трубопровод.

Эффективность всасывательной камеры в значительной мере зависит от ее формы. На параметры камеры (форма, размеры) влияет целый ряд факторов. Это в первую очередь те объекты, которые находятся в середине камеры – картофельные кусты, жуки (в разных стадиях), скорость движения агрегата и т.п. понятно, что задача получения оптимальной формы всасывательной камеры есть многофакторной и построение математических моделей в значительной мере должен носить феноменальный характер. Это в особенности касается объектов в середине камеры.

В дальнейшем рассматривается описание картофельных кустов, складывается математическая модель. Подобное рассмотрение в литературе отсутствующий – этим определяется новизна работы. Для описания движений воздушных потоков могут быть использованные известные гидродинамические теории (Евдокимов, 1983). Довольно непростым есть описание полета колорадских жуков в мощном воздушном потоке. Для описания может быть использованная аэродинамическая теория. Эффективная форма всасывательной камеры определяется с учетом, во-первых, вышеупомянутых моделей, во-вторых, с условиями минимальных затрат энергии. Последнее условие довольно важная, поскольку самая по себе установка, которое рассматривается, довольно энергоемкая. Это в свою очередь ведет к увеличению веса самого агрегата, который есть отрицательным для агротехники выращивания картофеля (в особенности в данный период развития растений).

Моделирование растений видится чрезвычайно громоздким и многофакторным процессом. В научной литературе подобные рассмотрения почти не встречаются (за исключением некоторых простейших моделей для потребностей биолитов). Понятно, что для складывания моделей следует отобразить последние свойства растения. Поскольку двух одинаковых растений не бывает, то подход к складыванию таких моделей должен опираться, во-первых, на предварительно полученные статистические исследования растений (на данное время такие результаты отсутствуют), а во-вторых, должен как элемент содержать феноменальный подход.

Для их определения смоделируем картофельный куст. Последний состоит из относительно массивных толстых стеблей, которые покрыты гибкими листками. Можно считать, что стебли образуют коническую поверхность, а листва – сфера. Геометрические параметры этих фигур зависят от сорта картофеля, климатических условий, стадии развития и т.п. обозначим радиус нижней основы цилиндра через –  $r_1$ , верхней –  $R_1$ , радиус внешней оболочки сферы –  $R_2$ , внутренней (где отсутствуют толстые стебли) –  $r_2$ , высоту цилиндра –  $H$ . Назовем такую модель “спокойным кустом”. Угол наклона стебля номер “и” равный  $\alpha_i$  причем выполняется соотношение

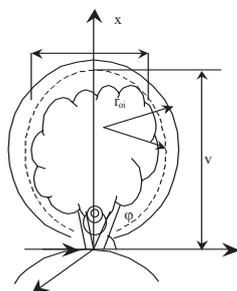


Рис. 1. Модель картофельного куста “спокойный куст”

Fig. 1. Model of the potato plant „quiet plant”

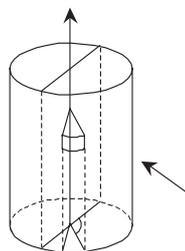


Рис. 2. К расчету изгибающего момента

Fig 2. For estimation of bending moment

$$-\alpha_0 < \alpha_i < \alpha; \alpha_0 = \operatorname{arctg} \frac{R_1 - r_1}{H}. \quad (1)$$

Стебель можно считать упругим, консольно закрепленным стержнем с цилиндрическим пересечением радиуса  $r_{oi}$ , моментом инерции поперечного пересечения  $I_{oi}$ , модулем Юнга  $E$ . Введем систему координат  $Ox$ , которая есть центральной осью куста. Под действием воздушного потока, который движется вертикально  $i$ -е, стебель деформируется.

Деформация может быть описана путем решения дифференциального уравнения:

$$I_i E \frac{\partial^2 U_i}{\partial x^2} = -M; \quad (2)$$

где  $U_i(x)$  – отклонение от центральной оси.

Изгибающий момент легко вычислить и он равный:

$$M_i = \frac{\rho v^2}{u} H^2 r_{oi} \sin^2 \alpha_i. \quad (3)$$

Край условия для уравнения (2):

$$U_i(0) = 0; \quad \left. \frac{\partial U_i}{\partial x} \right|_{x=0} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Решение уравнения (2) с условиями (3) равный:

$$U_i(x) = -\frac{\rho v^2 H^2 r_{oi} \sin^2 \alpha_i}{8 I_i E} x^2 + x \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

Отклонение конца стебля  $U_i(H)$ . Считая, что стебель не удлиняется, а сгиб стебля незначительный, можно определить, на какую высоту поднимается высшая точка стебля:

$$\Delta H_i = U_i(H) \cos \left[ \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left( \frac{U_i(H)}{2H} \sin \alpha_i \right) - \alpha_i \right]. \quad (5)$$

Соответственно уменьшается угол  $\alpha_0$  и станет равный:

$$\alpha_0 = \operatorname{arctg} \frac{R_1 - U(H_0) [\cos(\gamma - \alpha_0) + (\cos(\gamma \sin \alpha_0) - \alpha_0) \operatorname{ctg}(\alpha_0 + \gamma)] - r_1}{H} \quad (6)$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \left( \frac{U_1(H)}{2H} \sin \alpha_0 \right). \quad (7)$$

Понятно, что центральные стебли подобной деформации не имеют. Боковая листва поднимается вверх и боковая поверхность сферы деформируется. Если обозначить среднюю длину листка через  $R_0$ , то поднимание верхних листков на величину  $R_0$  приводит к тому, что сфера деформируется в эллипсоид с полуосями и уравнением:

$$a = R_2 + R_0, \quad b = c = R_2 - R_0, \quad (8)$$

$$\frac{x^2}{(R_2 + R_0)^2} + \frac{y^2 + z^2}{(R_2 - R_0)^2} = 1.$$

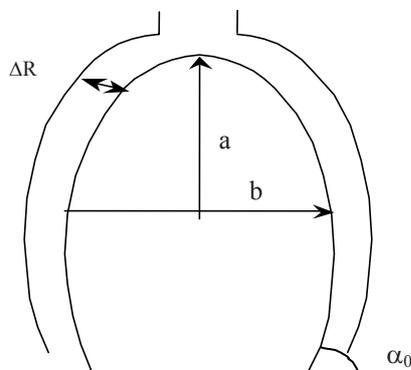


Рис. 3. Форма рабочей камеры  
Fig. 3. Shape of working tunnel

Форма камеры определяется соответствующим эллипсом:

$$\frac{x^2}{(R_2 + R_0 + \Delta R)^2} + \frac{z^2}{(R_2 + R_0 + \Delta R)^2} = 1 \quad (9)$$

где:  $\Delta R$  – прослойка, которая необходимый для свободного про летания жука. Кроме того, его величина зависит от разброса средних значений высоты куста.

#### ВЫВОДЫ С ДАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОСЛЕДУЮЩИХ РАЗВЕДОК В ДАННОМ НАПРАВЛЕНИИ

Из выше приведенных теоретических расчетов видно, что наиболее эффективной формой всасывательной камеры есть подковоподобная, которая обеспечивает максимальную производительность данного устройства с минимальными затратами энергии. Построенные математические модели подтверждают эти утверждения и дают наглядное представление данного обоснования. В заключение следует заметить, что рассмотренная выше проблема допускает разного рода уточнения и модификации, то есть предложенные модели рассматриваться как многоуровневые.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Устройство для сбора колорадского жука /В.И. Бондзяк, И.М. Бендера, М.И. Самокиш и другие; А.с. СССР № 1628254 А 01 М 5/08.
- Насадка устройства для сбора насекомых /В.А. Онопа, М.М. Петренко и другие/. Пат: № 20158 А Украины.
- Пат. №61250 А Украины МПК 7А01М5/08. Пневматическое устройство для сбора насекомых-вредителей /Гуцол Т.Д., Бендера І.М./ Украина. №2002118924; Заявлений. 11.11.2002 р.; Опубликовано 17.11.2003. Бюл. № 11.
- Сбор колорадских жуков пневмомеханическими средствами. /Бендера І.М., Гуцол Т.Д./36. наук. трудов. Вип. 10. - Камянець-Подольский: 2002. С. 238-240.
- Евдокимов В. П. Аналитическая геометрия. – М.: Высшая школа, 1983.

#### DESCRIPTION OF THE WORKING PARTS OF A PNEUMATIC-MECHANICAL DEVICE

**Summary.** It has been suggested a technological scheme combine potato caring unit. Shoe similar chamber is theoretically substantiated with help equations and mathematical models.

**Key words:** Potato bug, pipe, working chamber.