

Д. И. Комлач¹, М. И. Курилович¹, С. М. Босьяков², В. В. Голдыбан¹

¹РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: labpotato@mail.ru

²УО «Белорусский государственный университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: bosiaikov@bsu.by

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАБОЧЕГО ДАВЛЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТДЕЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

Аннотация. В статье приведен расчет рабочего давления пневматической системы отделения некондиционных клубней картофеля в сортировальных машинах автоматического типа.

Ключевые слова: клубень картофеля, пневматическая система, автоматическая инспекция, закон сохранения энергии, закон сохранения количества движения, давление.

D. I. Komlach¹, M. I. Kurylovich¹, S. M. Bosiaikov², V. V. Goldyban¹

¹RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: labpotato@mail.ru

²EI "Belarusian State University"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: bosiaikov@bsu.by

ASSESSMENT OF THE PNEUMATIC SYSTEM OPERATING PRESSURE OF THE AUTOMATIC SORTING MACHINE SECTION

Abstract. In the study, the technique for assessment the working pressure of the pneumatic system for separating substandard potato tubers in automatic sorting machines is presented.

Keywords: potato tuber, pneumatic system, automatic inspection, energy conservation law, pressure.

Введение

Ранее нами предложена перспективная схема сортировальной машины для отделения некондиционных клубней картофеля струей сжатого воздуха [1]. Пневматическая система отделения сортировальной машины состоит из электронного блока управления 1, импульсного клапана 2, форсунки 3, компрессора 4,

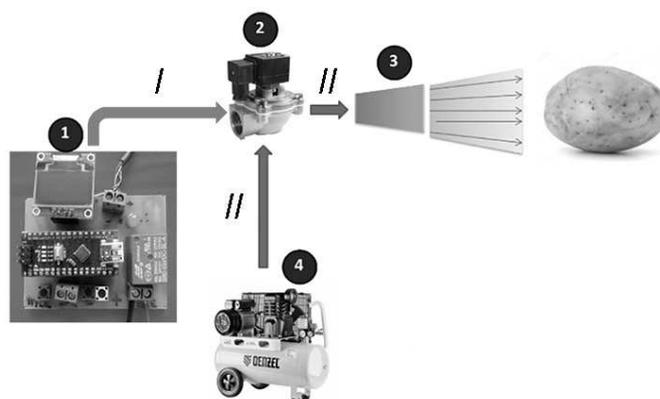


Рис. 1. Схема пневматической системы отделения: I – управляющий сигнал; II – сжатый воздух; 1 – электронный блок управления; 2 – импульсный клапан; 3 – форсунка; 4 – компрессор

форсунки 3, компрессора 4 (рис. 1). Импульсный клапан осуществляет кратковременную подачу воздуха. Для управления режимом работы импульсного клапана специально изготовлен электронный управляющий блок, который подключен к вычислительному модулю через виртуальный СОМ-порт. Блок управления позволяет установить необходимую длительность открытия клапана.

Принцип действия автоматической сортировальной машины заключается в следующем. Картофель, поступая на вальцовый подающий конвейер, перемещается в зону распознавания, где ему придается вращение посредством ременного привода. Клубни, идентифицированные как некондиционные, перемещаясь вальцовым транспортирующим устройством к системе отделения, удаляются с вальцового конвейера струей сжатого воздуха. Неотделенные клубни продолжают движение по технологической линии.

Основная часть

Рассмотрим схему движения клубня картофеля по вальцам в форме однополосного гиперболоида вращения [2], представленную на рис. 2.

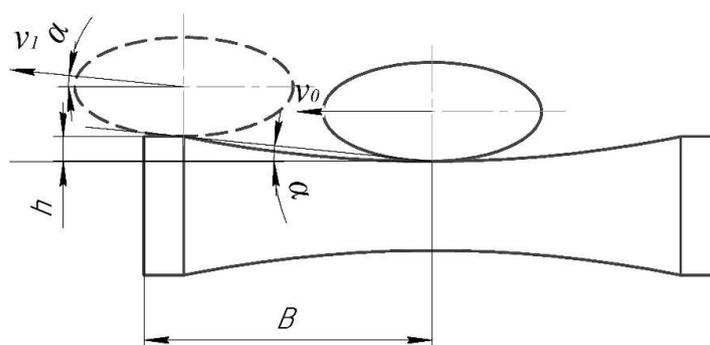


Рис. 2. Схема движения клубня картофеля по вальцу: v_0 – начальная скорость клубня картофеля; v_1 – скорость клубня картофеля при вылете с вальца; h – высота подъема клубня картофеля при движении по вальцу; α – угол вылета клубня картофеля с вальца по отношению к горизонту; $2B$ – длина вальца (B – расстояние по горизонтали прохождения клубня по поверхности вальца)

Для оценки давления, необходимого для отделения некондиционных клубней картофеля с вальцов, определим начальную скорость v_0 , которую необходимо сообщить клубню для его перемещения на расстояние L . Согласно закону сохранения энергии при перемещении клубня картофеля по вальцу имеем:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_1^2}{2} + A_{F_{тр}}, \quad (1)$$

где m – максимальная масса продовольственного клубня картофеля, кг; v_0 – начальная скорость клубня картофеля, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; h – высота подъема клубня картофеля при движении по вальцу, м; v_1 – скорость вылета клубня картофеля с вальца, м/с; $A_{F_{тр}}$ – работа силы трения, Дж ($A_{F_{тр}} = F_{тр}B = fmgB \cos(\alpha)$, где f – коэффициент трения скольжения).

Скорость v_1 определим из кинематического уравнения движения тела, движущегося с начальной скоростью, направленной под углом к горизонту:

$$v_1 = \frac{L}{t \cdot \cos \alpha}, \quad (2)$$

где L – расстояние необходимое для удаления клубня картофеля, м; t – время перемещения клубня картофеля на расстояние L , с; α – угол вылета клубня картофеля с вальца по отношению к горизонту.

С учетом (2) из уравнения (1) получим

$$v_0 = \sqrt{\frac{L^2}{t^2 \cos^2 \alpha} + 2gh + 2gBf \cos \alpha}. \quad (3)$$

Из закона сохранения количества движения будем иметь выражение для силы, которую необходимо приложить клубню картофеля для перемещения на расстояние L , а также выражение для соответствующего давления:

$$F = \frac{mv_0}{\Delta t}, \quad p = \frac{F}{S} = \frac{mv_0}{S\Delta t}, \quad (4)$$

где Δt – промежуток времени, в течение которого действует сила, с; $S = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь выходного отверстия форсунки (d – диаметр выходного отверстия форсунки).

Соотношения (1)–(4) являются основными для расчета давления пневматической системы отделения некондиционных клубней картофеля.

Для расчета начальной скорости v_0 , силы F и давления p примем следующие численные данные: $m = 0,15$ кг, $L = 0,6$ м, $\Delta t = 0,2$ с, $\alpha = 5^\circ$, $d = 5$ мм, $h = 5$ мм, $B = 0,15$ м, $f = 0,4$ [2, 3]. В результате получим

$$v_0 = 3,21 \text{ м/с}, \quad F = 9,63 \text{ Н}, \quad p \approx 482 \text{ кПа}.$$

Отметим, что параметр L для расчета задавался на основании размерных параметров автоматической сортировальной машины.

Заключение

Расчетные данные с достаточно высокой степенью точности соответствуют результатам экспериментальных исследований, согласно которым необходимое давление воздуха достигает 500 кПа [4]. Относительная погрешность расчета по сравнению с экспериментальными данными составляет $\sim 3,6\%$.

Список использованных источников

1. Голдыбан, В. В. Метод и устройство для автоматической инспекции клубней картофеля / В. В. Голдыбан, М. И. Курилович // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26–27 нояб. 2020 г. / БГАТУ. – Минск, 2020. – С. 161–164.
2. Результаты разработки макетного образца автоматической сортировальной машины / В. В. Голдыбан [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2020. – Вып. 54. – С. 118–125.
3. Еднач, В. Н. Исследование сил трения клубней картофеля о рабочие органы картофелеуборочных и сортировальных машин / В. Н. Еднач, С. Р. Белый, В. А. Сокол // Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию со дня рожд. акад. М. Е. Мацепуро, Минск, 17–18 окт. 2018 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по механизации сел. хоз-ва ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск, 2018. – С. 364–366.
4. Голдыбан, В. В. Экспериментальное обоснование основных параметров автоматической сортировальной машины / В. В. Голдыбан, Д. И. Комлач, М. И. Курилович // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22–23 окт. 2020 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2020. – С. 3–6.