



ПОСТРОЕНИЕ НОМОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГОФРОДИСКОВОГО ОЧИСТИТЕЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

PLOTTING PARAMETER DEFINITION NOMOGRAM FOR CORRUGATED DISK CLEANER OF ROOT CROPS

Очистка корнеклубнеплодов от загрязнений является одной из самых трудоёмких операций перед скармливанием животным: согласно зоотехническим требованиям остаточная загрязнённость корнеклубнеплодов после очистки не должна превышать 3% по массе. Практически загрязнённость корнеплодов после уборки комбайнами всегда выше 8-9% и может достигать 20% и более. В настоящее время в сельском хозяйстве для очистки кормовых корнеплодов, при подготовке их к скармливанию, используются машины, работающие по принципу гидромеханической очистки. Из-за присущих им недостатков (повышенный расход воды, наличие дорогостоящих грязеотстойников и системы канализации и т.д.) зачастую во многих хозяйствах корнеплоды скармливаются в неочищенном виде, что, в свою очередь, приводит к желудочным заболеваниям животных и снижению продуктивности скота. Поэтому совершенствование технологического процесса подготовки кормов к скармливанию животным является весьма актуальной задачей агропромышленного производства. В настоящее время ведется научная работа по созданию новых способов и устройств для безводной (сухой) очистки кормовых корнеплодов перед скармливанием животным или перед закладкой корнеплодов на хранение. Научная информация в работах вышеприведенных ученых требует дальнейшего совершенствования, поскольку на современном этапе развития техники открываются новые возможности исследования с применением современных исследовательских инструментов. Разработана новая конструкция гофрированного очистителя для сухой (безводной) очистки кормовых корнеплодов от загрязнений. По результатам выполненных исследований определена эмпирическая зависимость между потребляемой очистителем мощностью, его производительностью и основными режимными параметрами очистителя. С помощью математического пакета MathCAD произведено вычисление эмпирических коэффициентов, характеризующих влияние параметров очистителя на его работу. На основании полученных зависимостей построена сетчатая номограмма из выровненных точек с четырьмя прямолинейными равномерными шкалами для определения параметров гофрированного очистителя корнеплодов. В работе приведен также пример использования номограммы и пред-

ложена методика построения сетчатой номограммы из выровненных точек для быстрого определения основных режимных параметров очистителя: угловой скорости вращения рабочих органов, угла наклона очистителя к горизонту, угла подъема боковых барабанов и мощности на их привод.

Ключевые слова: результаты экспериментальных исследований, гофрированный очиститель кормовой свеклы, построение номограммы, основные параметры очистителя.

Cleaning of root crops for animal nutrition is one of the most labor intensive operations. Root crop contamination after harvesting is above 8-9% and may reach 20% and more. The improvement of the technological process of forage preparation prior to feeding is a topical issue. There are ongoing studies to develop new techniques and equipment for water-free (dry) cleaning of fodder root crops prior to feeding to animals or placement to storage. We develop a new design of a corrugated disk cleaner for dry (water-free) cleaning of forage root crops from contaminations. As part of the study we revealed empirical dependence between the power consumed by the cleaner, its output and basic parameters. By means of MathCAD mathematical package, the empirical coefficients characterizing the influence of the cleaner parameters on its operation were calculated. The obtained dependences enabled plotting alignment nomogram of leveled points with four rectilinear uniform scales to define the parameters of corrugated disk cleaner of root crops. An example of the nomogram use is presented, and the methodology of alignment nomogram plotting is proposed for fast definition of the following basic regime parameters of the cleaner: angular rate of rotation of the tools, the cleaner inclination angle with respect to horizon, the lifting angle of side drums and their input power.

Keywords: experimental research results, corrugated disk cleaner of root crops, plotting a nomogram, cleaner basic parameters.

Карпов Владислав Викторович, аспирант, уч. мастер, Луганский национальный университет им. Т. Шевченко, Украина. Тел. +38 095-443-31-43. E-mail: vip_belyu@mail.ru.

Karpov Vladislav Viktorovich, Post-Graduate Student, Luhansk National University named after T. Shevchenko, Ukraine. Ph.: +38 095-443-31-43. E-mail: vip_belyu@mail.ru.

Постановка проблемы

Очистка корнеклубнеплодов от загрязнений является одной из самых трудоёмких операций перед скармливанием животным: согласно зоотехническим требованиям остаточная загрязнённость корнеклубнеплодов после очистки не должна превышать 3% по массе. Практически загрязнённость корнеплодов после уборки комбайнами всегда выше 8-9% и может достигать 20% и более [1]. В настоящее время в сельском хозяйстве для очистки кормовых корнеплодов, при подготовке их к скармливанию, используются машины, работающие по принципу гидромеха-

нической очистки (ИКМ-5, ИКС-5, ИКМ-Ф-10 и др.) [2]. Из-за присущих им недостатков (повышенный расход воды, наличие дорогостоящих грязеотстойников и системы канализации и т.д.), зачастую во многих хозяйствах корнеплоды скармливаются в неочищенном виде, что, в свою очередь, приводит к желудочным заболеваниям животных и снижению продуктивности скота. Поэтому совершенствование технологического процесса подготовки кормов к скармливанию животным является весьма актуальной задачей агропромышленного производства [1].

Анализ последних исследований и публикаций

В настоящее время ведется научная работа по созданию новых способов и устройств для безводной (сухой) очистки кормовых корнеплодов перед скармливанием животным или перед закладкой корнеплодов на хранение [1, 2]. Научная информация в работах вышеприведенных ученых требует дальнейшего совершенствования, поскольку на современном этапе развития техники открываются новые возможности исследования с применением современных исследовательских инструментов.

Цель – построение номограммы для определения параметров гофрированного очистителя корнеклубнеплодов.

Задачи – определение эмпирической зависимости между потребляемой очистителем мощностью, его производительностью и основными режимными параметрами очистителя; вычисление эмпирических коэффициентов, характеризующих влияние параметров очистителя на его работу; выбор адекватной схемы номограммы для быстрого определения основных параметров очистителя.

Результаты исследований

Анализ конструкций очистительных устройств и научных работ в данном направлении позволил обосновать принципиальную схему гофрированного очистителя для безводной (сухой) очистки корнеклубнеплодов. Рабочими органами очистителя являются четыре щеточных барабана, состоящие из криволинейного гофрированного ворса и дисков с эллиптическими утолщениями [2]. Нами был изготовлен опытный образец очистителя, в лаборатории сепарации сыпучих материалов ЛНУ им. Т. Шевченко (Украина) проведены экспериментальные исследования данного устройства и определены рациональные значения его основных режимных параметров. По результатам исследований потребляемую очистителем мощность и его производительность можно определить по следующим эмпирическим зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} N &= AM + B\omega + 0,8761 \\ M &= D\gamma + F\mu - 1,002 \end{aligned} \right\}'$$

где N – потребляемая очистителем мощность, кВт;

M – производительность очистителя, т/ч;

A – эмпирический коэффициент, учитывающий затраты энергии на перемещение корнеплодов в рабочем объеме очистителя и

преодоление трения корнеплодов о гофрированный ворс и опорные диски барабанов;

B – эмпирический коэффициент, учитывающий затраты энергии на холостом ходу очистителя;

D – эмпирический коэффициент, учитывающий влияние угла наклона очистителя на степень заполнения его рабочего объема;

F – эмпирический коэффициент, учитывающий изменение площади сечения материала вследствие подъема боковых барабанов;

ω – угловая скорость вращения барабанов, с⁻¹;

γ и μ – соответственно угол наклона очистителя к горизонту и угол подъема боковых барабанов.

Значения коэффициентов A, B, D, F и свободные члены в зависимости (1) определены с помощью линейной аппроксимации графических зависимостей производительности очистителя M и затрат мощности на очистку N по методу частных наименьших квадратов. Вычисление производили по стандартной методике с программной реализацией в среде математического пакета MathCAD [3, с. 117]. Коэффициенты оказались равны $A = 0,2263, B = 0,0138, D = 0,581$ и $F = -0,008$. Проверка полученных линейных моделей по критерию Стьюдента показала их адекватность экспериментальным данным с 95%-ной вероятностью.

На основании полученных линейных зависимостей (1) построим номограмму для определения параметров гофрированного очистителя корнеплодов. Для этого выберем сетчатую номограмму из выровненных точек с четырьмя прямолинейными равномерными шкалами с сопряжением по оси M [4, с. 49]. Для данного типа номограмм полученные линейные модели в форме Коши будут иметь следующий канонический вид: $f_1 = f_2 + f_3$ и $f_2 = f_4 + f_5$. Для нашего случая $f_1 = N; f_2 = 0,2263M; f_3 = 0,0138\omega; f_4 = 0,581\gamma$ и $f_5 = -0,008\mu$. Переменные параметры будем варьировать в таких пределах: $\omega = 10-25$ с⁻¹, $\gamma = 2-15^\circ, \mu = 30-70^\circ$. Определим предельные значения производительности $M_1 = 0,581 \cdot 2 - 0,008 \cdot 30 - 1,002 = 0$ т/ч, $M_2 = 0,581 \cdot 15 - 0,008 \cdot 70 - 1,002 = 7,2$ т/ч и мощности $N_1 = 0,2263 \cdot 0 + 0,0138 \cdot 10 + 0,8761 = 1,014$ кВт, $N_2 = 0,2263 \cdot 7,2 + 0,0138 \cdot 25 + 0,8761 = 2,85$ кВт. Принимаем длину вертикальных шкал N и γ $l = 100$ мм, для горизонтальных шкал M и ω $l = 80$ мм.

Уравнения шкал диаграммы имеют следующий вид: для шкалы $N - y_N = \lambda_1(f_1 - a)$; для шкалы $M - x_M = \lambda_2(f_2 - b)$; для шкалы $\omega - x_\omega = \lambda_3(f_3 - c)$; для шкалы $\gamma - y_\gamma = \lambda_4(f_4 - d)$. Определим модули $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ и λ_4 из уравнений шкал номограммы. Допустим, составляющие a, b, c и d равны нулю. Тогда имеем для шкалы N : $100 = \lambda_1(N_{max} - N_{min}) = \lambda_1(2,85-1,014) = \lambda_1 \cdot 1,836$, откуда $\lambda_1 = 54,5$. Для шкалы M : $80 = \lambda_2[0,2263(7,2-0)] = 1,63 \lambda_2$ или $\lambda_2 = 49,1$. Для шкалы ω : $80 = \lambda_3(0,0138(25-10)) = 0,207 \lambda_3$ или $\lambda_3 = 386,5$. Для шкалы γ : $100 = \lambda_4(0,581(15-2)) = 7,553 \lambda_4$ или $\lambda_4 = 13,2$. Тогда соответствующие уравнения шкал имеют вид: $y_N = 54,5N$; $x_M = 49,1 \cdot 0,2263 \cdot M$; $x_\omega = 386,5 \cdot 0,0138 \cdot \omega$; $y_\gamma = 13,2 \cdot 0,581 \cdot \gamma$.

На основании полученных данных построим номограмму согласно стандартной методике, которая изображена на рисунке [4, с. 59].

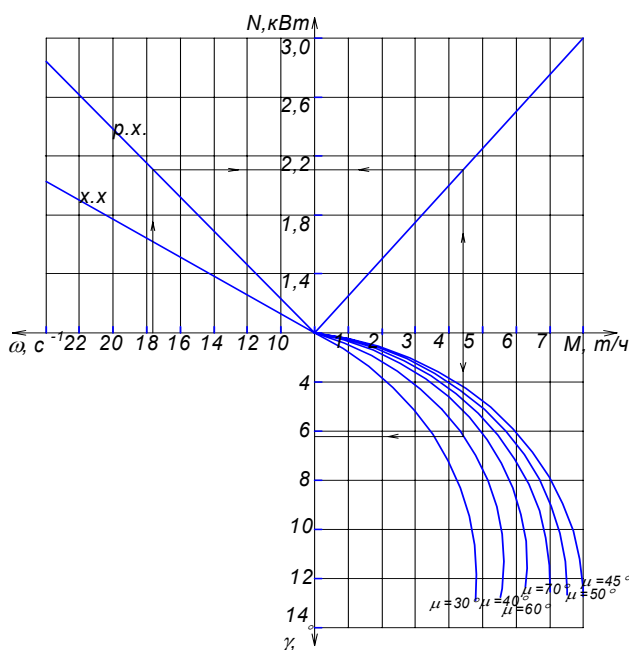


Рис. Номограмма для определения конструктивных и кинематических параметров гофрированного очистителя корнеклубнеплодов

Пример использования номограммы показан на рисунке 1 стрелками: при заданной производительности очистителя $M = 5$ т/ч мощность рабочего хода составит $N = 2$ кВт, угловая скорость вращения барабанов будет

соответствовать значению $\omega = 17$ рад/с и при угле подъема боковых барабанов, образующих рабочую камеру очистки, $\mu = 40^\circ$, угол наклона очистителя к горизонту составит $\gamma = 6,5^\circ$.

Выводы

1. Нами разработана эффективная конструкция гофрированного очистителя для сухой очистки от примесей (налипшая почва, комки, камни), без использования воды, при подготовке корнеклубнеплодов к скармливанию животным.

2. Предложена методика построения сетчатой номограммы из выровненных точек для быстрого определения основных режимных параметров очистителя: угловой скорости вращения рабочих органов, угла наклона очистителя к горизонту, угла подъема боковых барабанов и мощности на их привод.

Библиографический список

1. Синявский З.Н. Машины и оборудование для обработки корнеклубнеплодов. – М.: Машиностроение, 1964. – С. 4-7.
2. Карпов В.В. Обоснование конструктивно-технологической схемы гофрошčetочного очистителя кормовых корнеплодов // Научный вестник Луганского национального аграрного университета. Серия: Технические науки. – Луганск: ЛНАУ, 2013. – № 47. – С. 117-123.
3. Поршнеv С.В., Беленкова И.В. Численные методы на базе Mathcad. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 464 с.
4. Блох Л.С. Практическая номография. – М.: Высшая школа, 1971. – 328 с.

References

1. Sinyavskii Z.N. Mashiny i oborudovanie dlya obrabotki kornekclubneplodov. – M.: Mashinostroenie, 1964. – S. 4-7.
2. Karpov V.V. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskoi skhemy gofroshchetochного ochistitelya kormovykh korneplodov // Nauchnyi vestnik Luganskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki. – 2013. - № 47. – S. 117-123.
3. Porshnev S.V., Belenkova I.V. Chislennyye metody na baze Mathcad. – SPb.: BKhV-Peterburg, 2005. – 464 s.
4. Blokh L.S. Prakticheskaya nomografiya. – M.: Vysshaya shkola, 1971. – 328 s.

