

Литература

1. Пархоменко, Г.Г. Исследование процесса трансформации почвообрабатывающих рабочих органов / Г.Г. Пархоменко // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник: XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми землеробської механіки» присвячена пам'яті академіка П.М. Василенка / НААНУ ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – Випуск 98, т. 1. – С. 142–150.
2. Гапоненко, О.І. Теоретичне обґрунтування параметрів пружних стійок для сферичних дисків / О.І. Гапоненко // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – Випуск 97, т. 1. – С. 187–194.
3. Кушнарєв, А.С. Использование априорной информации для построения полиномиальных моделей взаимодействия сферических дисков дискаторов с почвой / А.С. Кушнарєв, В.И. Кравчук, С.А. Кушнарєв // Техніка і технології АПК. – 2009. – № 2 (жовтень 2009). – С. 20–25.
4. Гапоненко, О.І. Методика встановлення залежності динамічних навантажень від характеристик пружних стійок робочих органів / О.І. Гапоненко // Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: зб. наук. пр. Харківського НТУСГ ім. П. Василенка. – 2013. – Випуск 139. – С. 327–331.

УДК 631.362.35:635.21

**А.С. Воробей, Д.И. Комлач,
А.Н. Антоненко**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РАБОЧИЙ ОРГАН
КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ
МЕЖДУРЯДНОЙ
ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ
КАРТОФЕЛЯ И
ТОПИНАМБУРА**

Введение

Картофель является уникальным продуктом здорового питания – находится на 3-м месте по важности и является самым значимым растительным источником пищевой энергии среди незлаковых растений, источником восполнения недостатка минеральных веществ и антиоксидантов. Он содержит незаменимые пищевые и физиологически активные вещества: витамины, макро- и микроэлементы, аминокислоты, полиненасыщенные кислоты, углеводы, а также органические кислоты, биофлавоноиды, фитонциды. Объемы производства картофеля в мире составляют более 340 млн тонн и постоянно растут. Средняя урожайность картофеля в России – 13–15 *т/га*, в Беларуси 18–21 *т/га*. Это значительно ниже средневропейского уровня (28–34 *т/га*) [1].

Наземный стебель картофеля – однолетний, травянистый, сочный, разветвленный, хорошо облиственный. Высота ботвы картофеля в зависимости от сорта составляет 50–100 *см*. В поперечном разрезе стебель имеет угловатую трех-четырёхгранную форму, иногда округлую [2].

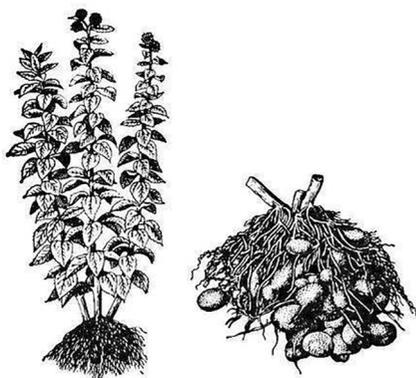


Рисунок 1. – Внешний вид надземной и подземной частей топинамбура

Топинамбур (земляная груша) – многолетнее клубненосное растение (рисунок 1). Он является источником инулина (16–18 %), используемого для лечения сахарного диабета. Выращивается для кормовых, пищевых целей и получения биоэтанола.

Надземная часть напоминает подсолнечник. Стебель топинамбура – однолетний, высотой от 1,5–2 до 3 м. На подземных стеблях (столонах) образуются клубни грушевидной, веретеновидной или неправильной формы.

На поверхности клубней располагаются глазки, которые образуют небольшие наружные бугорки, а не углубления, как у картофеля [3].

Урожайность зеленой массы топинамбура колеблется от 200 до 1000–1500 ц/га, клубней – от 200–250 до 500 ц/га [4]. Топинамбур дает урожай в любой, даже неблагоприятный по климатическим условиям, год, неприхотлив, способен произрастать на одном поле до 40 лет. Клубни хорошо зимуют в земле, поэтому предусмотрены два срока уборки – осенью и весной.

Повсеместное внедрение топинамбура в крупномасштабную переработку сдерживает отсутствие спроса и технологии возделывания.

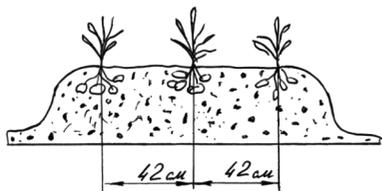
В Систему перспективных машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства основных видов продукции растениеводства на 2011–2015 годы не включены машины для грядовой обработки картофеля и топинамбура, также нет конкретных рекомендаций по возделыванию и первичной переработке топинамбура.

Основная часть

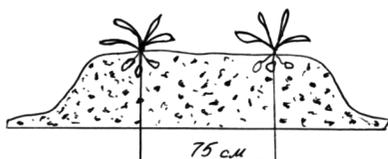
Внедрение новой технологии возделывания картофеля и топинамбура на грядах актуально как в Российской Федерации, так и в Республике Беларусь. Она включает два способа: первый – одна гряда три рядка с шириной междурядья 42 см, второй – одна гряда два рядка с шириной междурядья 75 см (рисунок 2).

Эта технология очень эффективна и применяется на всех типах почв, независимо от почвенно-климатического региона. Позволяет сохранить водно-воздушный режим гряды и повысить урожайность картофеля и топинамбура на 35–40 % [5].

Процесс возделывания картофеля и топинамбура на грядах включает в себя следующие операции: посадку клубней, уход за посадками, уборку кар-



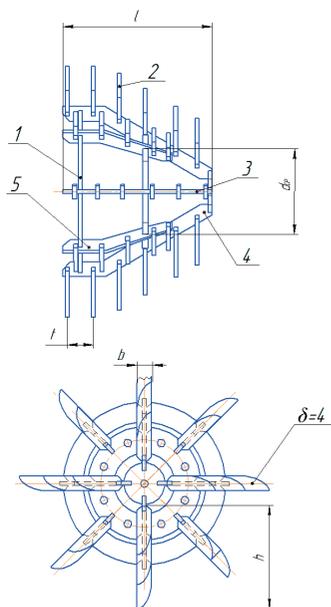
а)



б)

а) трехрядковая с междурядьем 42 см; б) двухрядковая с междурядьем 75 см

Рисунок 2. – Схемы посадки картофеля и топинамбура на грядах [5]



1 – рама; 2 – ложечкообразный зуб; 3 – основание конического ротора; 4 – спираль основная; 5 – спираль вспомогательная

Рисунок 3. – Общий вид рабочего органа культиватора КГ-1

топинамбура и предреализационную обработку клубней. Наиболее трудоемким и энергозатратным является уход за посадками картофеля и топинамбура. В Республике Беларусь в настоящее время машин, выполняющих эту операцию, нет.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан уникальный культиватор грядковый КГ-1 с новым типом рабочего органа – спиралевидным коническим ротором с ложечкообразными зубьями, который позволяет в процессе работы не повреждать стебли растений и сохранять правильный профиль гряды.

Проанализировав конструкцию рабочего органа культиватора (рисунок 3), произведем прочностный расчет рабочего конического ротора с ложечкообразными зубьями.

Суммарную нагрузку на один ротор одной секции культиватора грядкового определим по формуле [6]:

$$F = g \cdot l, \quad (1)$$

где g – удельное сопротивление рабочих органов ротора,

$$g = 1000\text{--}1100 \text{ Н/м [7];}$$

l – ширина ротора, $l = 300 \text{ мм}$.

Подставив численные значения в формулу (1), получим:

$$F = 1100 \cdot 0,3 = 330 \text{ Н.}$$

Нагрузку, приходящуюся на один ложечкообразный зуб конического ротора, рассчитаем по формуле:

$$F_i = \frac{F}{z}, \quad (2)$$

где z – число ложечкообразных зубьев конического ротора, взаимодействующих с почвой, $z = 6 \text{ шт}$.

$$F_i = \frac{330}{6} = 55 \text{ Н.}$$

Напряжение изгиба, возникающее у основания ложечкообразного зуба конического ротора, определяется по зависимости:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_z} = \frac{F_i \cdot h \cdot 6}{\delta \cdot b^2} \text{ МПа}, \quad (3)$$

где h – высота ложечкообразного зуба, $h = 85 \text{ мм}$;

δ – толщина ложечкообразного зуба, $\delta = 4 \text{ мм}$;

b – ширина ложечкообразного зуба, $b = 25 \text{ мм}$.

Тогда напряжение изгиба в опасном сечении ложечкообразного зуба

$$\sigma_u = \frac{55 \cdot 85 \cdot 6}{4 \cdot 25^2} = 11,22 \text{ МПа.}$$

Ложечкообразный зуб конического ротора изготовлен из стали 65Г. Допускаемое напряжение изгиба для стали этой марки рассчитаем по формуле:

$$[\sigma_u] = \frac{\sigma_t}{n}, \quad (4)$$

где $\sigma_t = 460 \text{ МПа}$ – предел текучести стали 65Г [8];

n – коэффициент запаса. Принимаем $n = 2$ [8].

$$[\sigma_u] = \frac{460}{2} = 230 \text{ МПа.}$$

Ложечкообразные зубья к коническому ротору привариваются ручной сваркой электродом Э42 с катетом шва $k = 4 \text{ мм}$ [6].

Напряжения среза, возникающие в сварном шве, определим по формуле:

$$\tau_{ср} = \frac{F_i}{z \cdot 0,7k \cdot l}, \quad (5)$$

где z – число швов, $z = 2$;
 k – катет шва, $k = 4$ мм;
 l – длина шва, $l = 10$ мм.

Условие прочности сварного шва будет обеспечено, если

$$\tau_{cp} = \frac{44}{2 \cdot 0,7 \cdot 4 \cdot 10} = \frac{44}{56} = 0,79 \text{ МПа} \leq [\tau_{cp}]',$$

где $[\tau_{cp}]' = 0,6[\tau_p]$ – допускаемые напряжения для сварного шва.

$$[\tau_{cp}]' = 0,6 \cdot 230 = 138 \text{ МПа}.$$

Допускаемые напряжения на растяжения для свариваемого материала $[\sigma_p] = [\sigma_u]$.

Шаг ложечкообразного зуба конического ротора выбираем, исходя из агротехнических требований для междурядной обработки почвы [8]:

$$t = 50 \text{ мм}$$

Прочностные расчеты показывают, что в разработанной конструкции обеспечивается работоспособность зубьев при действии на них изгибающих моментов и сил, воздействующих на сварные швы.

Заключение

Схема расположения ложечкообразных зубьев на конических роторах по спирали с направлением навивки спирали от периферии к основанию ротора обеспечивает полное рыхление почвы и уничтожение сорняков. Установка конических роторов в горизонтальной плоскости относительно продольной оси борозды позволяет формировать гряду необходимого профиля и высоты в соответствии с почвенными условиями, обеспечивая верхнюю часть гряды рыхлой почвой путем перемещения почвы ложечкообразными зубьями конических роторов со дна борозды на гряду. Изготовление ложечкообразных зубьев с вершиной зуба по эпициклоиде в передней части вершины зуба по направлению вращения ротора предотвращает выброс почвы вершиной зуба ротора и снижает энергоемкость процесса.

19.05.2015

Литература

1. О комплексной программе Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» на 2013–2016 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 18 июля 2012 г. № 16: офиц. изд. – Минск, 2013.
2. Технологические основы растениеводства: учеб. пособие / И.П. Козловская [и др.]; под ред. д-ра с.-х. наук И.П. Козловской. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 503 с.

3. Седляр, Ф.Ф. Растениеводство. Практикум: учеб. пособие / Ф.Ф. Седляр, М.П. Андрусевич. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 350 с.
4. Особенности культуры и перспективы возделывания топинамбура в Республике Беларусь / В.В. Голдыбан, Д.И. Комлач // Научно-технический процесс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22–23 октября 2014 г. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2014. – С. 62–67.
5. Варламов, Г.П. Технология и комплексы машин для возделывания и первичной обработки топинамбура / Г.П. Варламов, А.М. Долгошеев, А.Н. Черпахин. – М.: Издательский дом «ИНФРА-М», 2000. – 138 с.
6. Кузьмин, А.В. Расчеты деталей машин: справ. пособие / А.В. Кузьмин, И.М. Чернин, Б.С. Козинцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск: Выш. шк., 1986. – 400 с.: ил.
7. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: в 4 т. / Под ред. М.И. Клецкина. – М.: Машиностроение, 1967. – Т. 2 – 830 с.
8. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В.И. Анурьев. – 6-е изд. – М.: Машиностроение, 1982. – Т. 1. – 728 с.

УДК 631.3.072.25:633.521

**С.Ф. Лойко, А.Н. Перепечаев,
С.В. Старосотников**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РЕЗУЛЬТАТЫ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
АПРОБАЦИИ И
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АГРЕГАТА АПЛ-4**

Введение

Эффективное ведение сельскохозяйственного производства базируется на использовании высокопроизводительных сельскохозяйственных машин и агрегатов, обеспечивающих выполнение операций в соответствии с агротехническими требованиями.

Широкое применение в современном производстве продукции растениеводства получили комбинированные машины, обеспечивающие выполнение за один технологический проход нескольких операций. Наибольший удельный вес комбинированных машин и агрегатов приходится на выполнение операций по обработке почвы и посеву. При создании таких машин и агрегатов должны быть наиболее полно учтены биологические особенности возделываемой культуры, в частности льна.

Основная часть

Основная задача при подготовке почвы и посеве льна заключается в создании для всех высеваемых семян максимально близких стартовых