

Автор ерр.
и 43

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ИЛАРЬЕВ Святослав Игоревич

УДК 664.8.022.1

ПОШТУЧНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ И ОРИЕНТАЦИЯ
КОРНЕПЛОДОВ В КОНСЕРВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Специальность 05.18.12 – процессы и аппараты
пищевых производств

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Принят 1987 г.

Одесса - 1986

v015567

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Намечая крупномасштабную и многостороннюю программу экономического и социального развития страны на 1986-1990 годы и на период до 2000 года, XXVI съезд КПСС выдвинул на первый план в системе мер по росту благосостояния народа задачу улучшить снабжение населения продуктами питания.

Одним из основных направлений решения поставленной задачи в области промышленной переработки плодоовощного сырья является механизация и автоматизация трудоемких технологических операций, связанных с необходимостью поштучной обработки плодов и овощей. К таким операциям относятся удаление плодоножек и семенников у перца, яблок, груш и айвы, калибровка огурцов по длине, обрезка концов у кабачков и лука, обрезка утолщенного конца у моркови и т.д. На всех без исключения предприятиях из-за отсутствия высокопроизводительного и работоспособного оборудования перечисленные технологические операции выполняются практически вручную и лишь в отдельных случаях применяются различные приспособления и устройства, позволяющие несколько повысить производительность и улучшить условия труда.

В то же время рядом научно-исследовательских и конструкторских организаций, а также отдельными изобретателями и рационализаторами создано много разнообразных образцов оборудования, в том числе полуавтоматических машин с ручной ориентированной укладкой сырья и машин-автоматов, содержащих устройства для автоматической ориентации плодов и овощей.

Однако, созданные конструкции, за исключением автомата для очистки перцев Одесского консервного завода, не нашли широкого применения в промышленности в основном из-за низкой производительности и несовершенства устройств для ориентации сырья. Машины ряда зарубежных фирм также не отличаются высокой работоспособностью.

При сложившихся обстоятельствах проблема механизации трудоемких технологических операций, связанных с поштучной обработкой плодов может быть решена путем создания и внедрения надежных машин-автоматов, выполняющих поштучное разделение и ориентацию плодов. Вид ориентации плодов определяется требованиями их технологической обработки. В тех случаях, когда необходимо обработать определенную часть плода, например, произвести обрезку только утолщенного конца у корнеплодов моркови, появляется необходимость в поштучном разделении и ориентации плодов в строго требуемом положе-

Одесский тех. институт
институт инд. и р. мыш-
ленности им. П. П. Чернышова

БИБЛИОТЕКА

015562

нии по отношению к обрабатываемым органам. Поэтому исследование процессов поштучного разделения и ориентации плодов и создание устройства для их реализации является задачей актуальной.

Цель и задачи исследования. Цель – создание надежного высокопроизводительного устройства для поштучного разделения и ориентации корнеплодов моркови и им подобных по форме плодов. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать корнеплоды моркови, как объект обработки;
- провести анализ известных способов и устройств для осуществления поштучного разделения и ориентации плодов;
- разработать принципиально новое устройство для поштучного разделения и ориентации корнеплодов моркови и им подобных по форме плодов;
- провести аналитические исследования изучаемых процессов;
- провести экспериментальные исследования изучаемых процессов с последующим анализом сходимости полученных результатов с расчетными значениями;
- разработать исходные требования на машину-автомат для обрезки утолщенных концов моркови и провести испытания.

Научная новизна работы. Предложено принципиально новое устройство для поштучного разделения и ориентации корнеплодов моркови и подобных им по форме плодов (а.с. II53876). Впервые дано математическое описание процессов поштучного разделения и ориентации корнеплодов в предложенном устройстве. Разработаны методики расчета основных размеров рабочих органов устройства и оптимальной частоты вращения барабана. Впервые получено выражение, связывающее производительность устройства с определяющими параметрами устройства и основными технологическими характеристиками процесса. Определены параметры, характеризующие форму корнеплодов моркови.

Практическая ценность работы заключается в создании машины-автомата для обрезки корнеплодов моркови и подобных им по форме плодов, в конструкцию которой включено предложенное устройство. Использование машины в линии первичной обработки корнеплодов позволяет перерабатывать корнеплоды с необходимой для предприятия производительностью (1,5–3,0 т/час) и при этом высвободить 70% рабочих, занятых выполнением этой операции, улучшить условия труда. Годовой экономический эффект от внедрения одной машины на предприятии с годовым объемом переработки корнеплодов 2000 т составляет 7500 р., что в пересчете на одну тонну перерабатываемого сырья составляет 3,75 руб.

Автор защищает: 1. Устройство для поштучного разделения и ориентации корнеплодов. 2. Математическое описание процессов поштучного разделения и ориентации корнеплодов в предложенном устройстве. 3. Методику расчета основных размеров рабочих органов устройства. 4. Методику расчета оптимальной частоты вращения барабана устройства. 5. Зависимость производительности устройства от параметров устройства и технологических характеристик процесса. 6. Результаты исследований.

Апробация работы. По результатам работы, на Одесском консервном заводе была сконструирована и установлена в линию машина-автомат для обрезки концов моркови. В 1985 и 1986 гг. были проведены производственные испытания машины. Машина введена в эксплуатацию на данном заводе с 1986 г. Основные положения работы доложены и одобрены на республиканской конференции молодых ученых по хранению и переработке плодов и овощей (Одесса, 1984), заседании ИТР Одесского консервного завода (Одесса, 1985).

По материалам диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 5 авторских свидетельств.

Результаты работы использованы при разработке исходных требований к комплексу оборудования для автоматической обрезки концов моркови (основание – план НИОКР НПО "Консервпромкомплекс" на 1986-87 г.г., тема "Создать участок первичной подготовки овощного сырья").

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Изложена на 249 страницах машинописного текста, содержит 25 таблиц и 30 рисунков. Список литературы включает 110 источников, в том числе 8 на иностранных языках.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит краткую характеристику современного состояния проблемы. Раскрыта актуальность работы и сформулирована цель исследования.

В главе I определены понятия ориентация плодов и основные условия ее осуществления. Приведена классификация устройств для поштучного разделения и ориентации плодов; проведен их системный анализ с позиций надежности, производительности и простоты конструкций, на основании которого было принято решение создать принципиально новое устройство для поштучного разделения и ориентации корнеплодов. Дана характеристика моркови, как объекта обработки.

Отдельные исследования по определению коэффициентов трения моркови, прочностных характеристик ее ткани и геометрических закономерностей формы корнеплодов были проведены Н.В.Морозовым, А.Д.Паниным, Л.М.Алешиной, Н.С.Фещенко и др. Однако имеющиеся данные недостаточно полно описывают форму корнеплодов моркови и кроме этого каждый сорт этой культуры имеет свои особенности.

Для получения более полной характеристики моркови были проведены три серии измерений геометрических параметров корнеплодов и их массы с последующим статистическим анализом. Исследовалась морковь сорта Шантене, имеющая хорошие вкусовые качества, высокое содержание каротина, культивирующаяся и перерабатываемая в различных регионах страны. Форма корнеплодов коническая.

Результаты исследований приведены в табл. I.

Таблица I

Значения длины и массы корнеплодов моркови в зависимости от наибольшего диаметра

Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, г	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, г
20	87,6	7,0	55	126,8	147,2
25	93,2	27,0	60	132,4	167,3
30	98,8	47,0	65	138,0	187,3
35	104,4	67,1	70	143,6	207,3
40	110,0	87,1	75	149,2	227,4
45	115,6	107,2	80	154,8	247,4
50	121,2	127,2			

Установлено, что центр массы корнеплодов в основном расположен на $1/3$ длины от утолщенного конца корнеплода, т.е. практически можно считать, что место положения центра массы моркови совпадает с положением центра массы конуса.

Кроме того, установлено, что высота оставшихся черешков ботвы составляет 5-7 мм, а глубина кольцевой впадины в утолщенной части корнеплодов 2-3 мм.

В главе 2 представлено предложенное устройство (а.с. 1153876), предназначенное для поштучного разделения предварительно откалиброванных по диаметру корнеплодов моркови и подобных им плодов, имеющих конусовидную форму и последующей их ориентации утолщенным концом к обрабатывающим органам машины.

Конструкция устройства (рис. I) состоит из посаженного на гори-

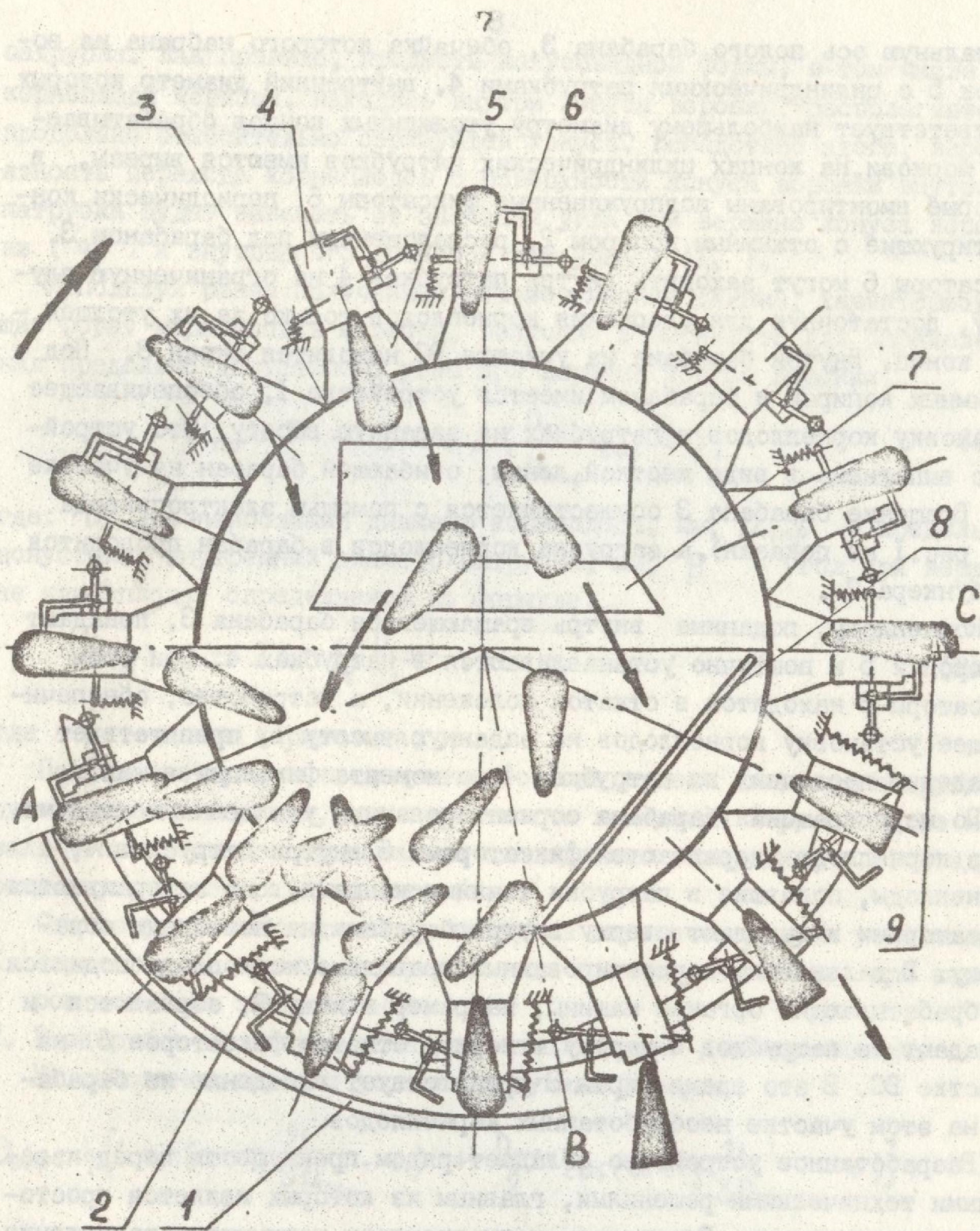


Рис. I. Устройство для поштучного разделения и ориентации корнеплодов.

горизонтальную ось полого барабана 3, обечайка которого набрана из воронок 5 с цилиндрическими патрубками 4, внутренний диаметр которых соответствует наибольшему диаметру утолщенных концов обрабатываемой моркови. На концах цилиндрических патрубков имеются вырезы, в которые вмонтированы подпружиненные фиксаторы 6, периодически контактирующие с отжимным копиром 2, расположенным под барабаном 3. Фиксаторы 6 могут заходить внутрь патрубков 4 на ограниченную глубину, достаточную для удержания корнеплодов только за их утолщенный конец. Внутри барабана на участке ВС находится экран 8. Под отжимным копиром и барабаном имеется устройство I, обеспечивающее установку корнеплодов в патрубках на заданную высоту. Это устройство выполнено в виде жесткой ленты, огибающей барабан на участке АВ. Вращение барабана 3 осуществляется с помощью электропривода (на рис. I не показан), а загрузка корнеплодов в барабан проводится из бункера 7.

Корнеплоды, поданные внутрь вращающегося барабана 3, попадают в воронки 5 и поштучно устанавливаются в патрубках 4. При этом фиксаторы 6 находятся в отжатом положении, а устройство, обеспечивающее установку корнеплодов на заданную высоту I, препятствует выпадению последних из патрубков 4 до момента фиксации в них.

По мере вращения барабана сориентированные утолщенными концами вниз корнеплоды удерживаются фиксаторами 6 внутри патрубков 4, а корнеплоды, попавшие в патрубки тонкими концами, не задерживаются фиксаторами и выпадают сверху внутрь барабана на повторную обработку. В дальнейшем сориентированные правильно корнеплоды подаются к обрабатывающим органам машины, например к ножу 9, обрезаются и выпадают из патрубков 4 наружу в период отжатия фиксаторов 6 на участке ВС. В это время экран 8 препятствует выпадению из барабана на этом участке необработанных корнеплодов.

Разработанное устройство обладает рядом преимуществ перед известными техническими решениями, главным из которых является простота его конструкции. Благодаря этому процессы поштучного разделения и ориентации корнеплодов осуществляются одновременно и не требуют специальных приспособлений для досылки корнеплодов из устройства поштучного разделения в устройство ориентации. Это позволяет повысить надежность его работы и сократить время обработки корнеплодов, что в свою очередь обеспечивает высокую производительность машины для обрезки концов моркови.

Важным моментом в процессе поштучного разделения корнеплодов является переход корнеплодов с поверхности конуса воронки внутрь

патрубка. Как правило, предметы конусовидной формы, в том числе и корнеплоды моркови, находясь внутри конуса воронки, располагаются продольно относительно образующей конуса. Вследствие этого, вероятность перехода корнеплодов с поверхности конуса воронки внутрь патрубка будет зависеть от значений угла при вершине конуса воронки (α) и внутреннего диаметра патрубка (D_n).

Используя ранее полученные статистические данные, характеризующие форму корнеплодов моркови, получена зависимость для определения предельно допустимого угла при вершине конуса воронки:

$$\alpha_{np} = \pi - 2 \arcsin \left(\frac{D_{max}}{D_{nnp}} \cos \frac{\beta}{2} \right), \quad (1)$$

где: D_{max} - наибольший диаметр корнеплода, мм; D_{nnp} - предельно допустимый внутренний диаметр патрубка, мм; β - угол при вершине корнеплода, определяемый по формуле:

$$\beta = 2 \arctg \frac{D_{max}}{2L}, \quad (2)$$

где L - длина корнеплода, мм.

При выборе предельно допустимого внутреннего диаметра патрубка руководствовались тем, что вероятность западания корнеплода из навала в патрубок пропорциональна площади его отверстия, т.е. квадрату внутреннего радиуса патрубка.

Однако увеличение диаметра патрубка ограничено двумя условиями:

1. Корнеплод не должен поворачиваться в такое положение, при котором возможно заклинивание.
2. В патрубок не должно попадать одновременно два корнеплода.

На основании первого условия получена формула:

$$D_{nnp} = h \left[L \sin \left(\arctg \frac{2L}{3D_{max}} - \varphi \right) + \frac{D_{max}}{2} \cos \left(\arctg \frac{2L}{3D_{max}} - \varphi \right) \right], \quad (3)$$

где: $h = 0,9$ - коэффициент надежности; φ - угол трения.

Учитывая, что корнеплоды имеют конусовидную форму и могут располагаться встречно друг другу, для ограничения диаметра отверстия патрубка по второму условию была принята следующая формула:

$$D_{nnp} = h \frac{3}{2} D_{max} \quad (4)$$

Таким образом, предельно допустимый диаметр отверстия патрубка рассчитывается по формулам (3) и (4) и принимается меньший.

Так как невозможно подобрать патрубков, удовлетворяющий по принятым условиям всей совокупности поступающих на переработку корнеплодов, последние должны быть предварительно откалиброваны на отдельные фракции (табл.2).

Таблица 2

Размеры основных геометрических параметров воронок и пределы фракций по диаметру обрабатываемых корнеплодов моркови (сорт Шантене)

№ п/п	Пределы фракции по диаметру корнеплодов, мм	Диаметр отверстия патрубка, мм	Угол при вершине конуса воронки, град.
1	25-30	34	55
2	30-38	42	50
3	38-49	53	45
4	49-64	68	40

Наблюдения за движением массы корнеплодов, помещенных внутри вращающегося барабана, показали, что все корнеплоды циркулируют по двум траекториям (рис.2). Те из них, которые лежат на внутренней поверхности обечайки барабана I, по мере вращения барабана переносятся вверх, а затем скатываются в обратном направлении по поверхности вновь поднимающихся корнеплодов в сторону пустых воронок 3, выходящих из-под экрана 4 (траектория I). Корнеплоды, находящиеся внутри конусов воронок 3 и в патрубках 2, но не зафиксированные в них, образуют нижний слой массы и циркулируют по траектории II. Увлекаемые воронками 3, они поднимаются на некоторую высоту, а затем падают вниз. Поскольку высота падения корнеплодов (H) больше высоты скатывания (h), корнеплоды, возвращающиеся в зону загрузки по траектории II, обладают большей кинетической энергией по сравнению с корнеплодами, возвращающимися по траектории I. Кроме этого, потери энергии на обратном пути у корнеплодов, свободно падающих, намного меньше, чем у корнеплодов, скатывающихся по шероховатой поверхности. Поэтому вероятность прохождения внутрь патрубков 2 у корнеплодов траектории II значительно выше, чем у корнеплодов траектории I. Однако, это возможно лишь в тех случаях, когда траектория II направлена внутрь воронок 3 в месте их выхода из-под экрана 4, т.е. внутрь пустых воронок, находящихся в благоприятном для их заполнения корнеплодами положении.

В свою очередь направление траектории II и высота падения корнеплодов (H) зависят от частоты вращения барабана, его диаметра и

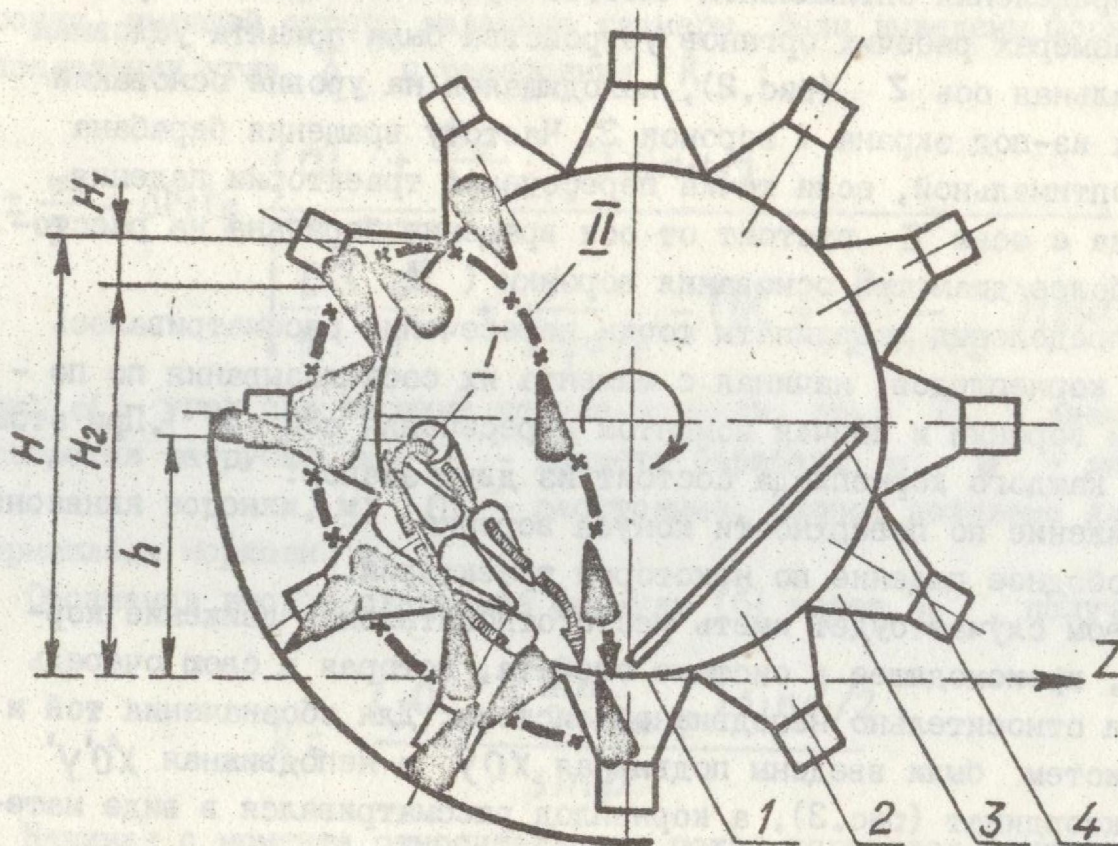


Рис.2. Траектории движения корнеплодов в устройстве для поштучного разделения и ориентации корнеплодов.

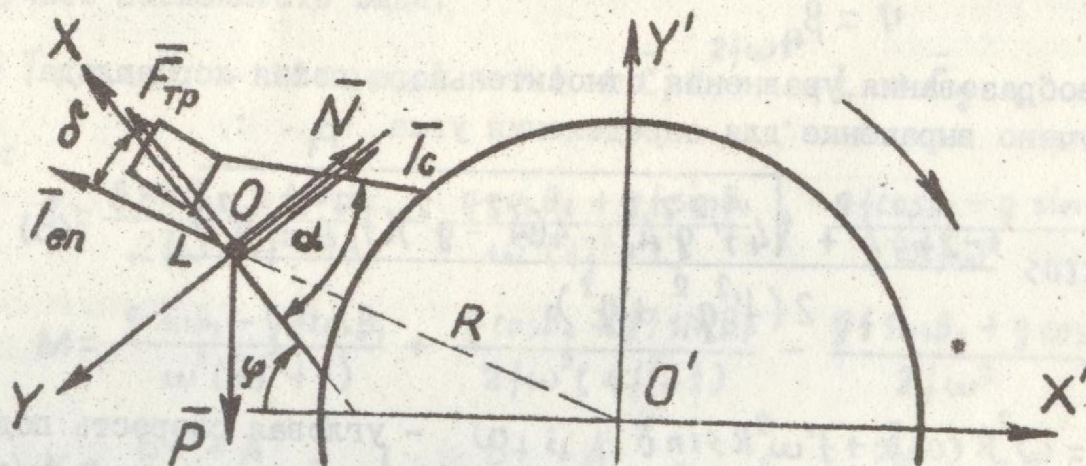


Рис.3. Движение корнеплода по поверхности воронки.

размеров воронок.

Для определения оптимальной частоты вращения барабана при заданных размерах рабочих органов устройства была принята условная горизонтальная ось Z (рис.2), находящаяся на уровне оснований выходящих из-под экрана 4 воронок 3. Частоту вращения барабана считали оптимальной, если точка пересечения траектории падения корнеплода с осью Z отстоит от оси вращения барабана на расстоянии не более диаметра основания воронки (d).

Для определения координаты точки пересечения рассматривалось движение корнеплодов, начиная с момента их соскальзывания по поверхности воронки и кончая моментом пересечения оси Z . При этом движение каждого корнеплода состоит из двух этапов:

1. Движение по поверхности конуса воронки.
2. Свободное падение по некоторой траектории.

В первом случае будет иметь место относительное движение корнеплодов, происходящее в системе отсчета, которая в свою очередь вращается относительно неподвижной системы. Для обозначения той и другой систем были введены подвижная XOY и неподвижная $X'O'Y'$ системы координат (рис.3), а корнеплод рассматривался в виде материальной точки, совпадающей с его центром массы.

Относительному движению каждого корнеплода предшествует момент, когда действующие на него силы взаимно уравновешены, а сам корнеплод находится в состоянии относительного покоя. В этот момент времени угол между осями абсцисс подвижной и неподвижной систем координат

$$\varphi = \beta_1$$

Путем преобразования уравнения относительного покоя корнеплода было получено выражение для определения угла β_1 :

$$\beta_1 = \arccos \frac{-2f'gA + \sqrt{4f'^2g^2A^2 - 4(A^2 - g^2)(f'^2g^2 + g^2)}}{2(f'^2g^2 + g^2)}, \quad (5)$$

где: $A = \omega^2 R \cos \delta + f' \omega^2 R \sin \delta$; ω - угловая скорость подвижной системы, 1/с; g - ускорение свободного падения тела, м/с²; f' - коэффициент трения покоя корнеплода, находящегося на поверхности воронки; δ - угол между направлением действия нормальной составляющей силы инерции $\vec{J}_{en}$ и осью абсцисс подвижной системы координат, гр.; R - расстояние между корнеплодом и центром неподвижной системы, м.

Рассматривая начальное положение корнеплода на поверхности воронки, имеющей строго заданные размеры, были выведены формулы для определения угла δ и расстояния R :

$$\delta = \frac{\alpha}{2} + \arctg \frac{(OL + \frac{D_n}{2 \sin \alpha/2}) \sin \alpha/2}{\sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4} + \frac{d}{2 \tan \alpha/2} - (OL + \frac{D_n}{2 \sin \alpha/2}) \cos \alpha/2}}, \quad (6)$$

где: α - угол при вершине конуса воронки, гр.; D_n - диаметр отверстия патрубка, м; D - диаметр барабана, м; d - диаметр основания воронки, м; OL - расстояние, равное половине длины корнеплода моркови, м.

Обозначив второе слагаемое формулы (6) через p , получим:

$$R = \frac{(OL + \frac{D_n}{2 \sin \alpha/2}) \sin \alpha/2}{\sin p} \quad (7)$$

Начиная с момента относительного покоя корнеплод движется (скользит) по поверхности воронки (рис.3) до момента отрыва от этой поверхности. Для определения времени скольжения корнеплода по поверхности воронки (t) было составлено уравнение динамики его относительного движения и преобразовано в неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка, решение которого позволило получить зависимость вида:

$$X = \bar{T} \sin \omega t - M \cos \omega t + Kt + \bar{C}_1 e^{2f\omega t} + L + \bar{C}_2, \quad (8)$$

где:

$$\bar{T} = \frac{g \sin \beta_1 - g f \cos \beta_1}{2f\omega^2(4f^2+1)} - \frac{g \cos \beta_1 + g f \sin \beta_1}{\omega^2(4f^2+1)} + \frac{g f \cos \beta_1 - g \sin \beta_1}{2f\omega^2};$$

$$M = \frac{g \sin \beta_1 - g f \cos \beta_1}{\omega^2(4f^2+1)} + \frac{g \cos \beta_1 + g f \sin \beta_1}{2f\omega^2(4f^2+1)} - \frac{g f \sin \beta_1 + g \cos \beta_1}{2f\omega^2};$$

$$K = \frac{Bf + A}{2f\omega}; \quad L = \frac{Bf + A}{4f^2\omega^2}; \quad B = \omega^2 R \sin \delta;$$

$$\bar{C}_1 = -\frac{\omega T + K}{2f\omega}; \quad \bar{C}_2 = M - L - \bar{C}_1;$$

f - коэффициент трения скольжения корнеплода.

Так как в момент отрыва корнеплода от поверхности воронки оканчивается его скольжение и начинается полет, уравнение (8) было дважды продифференцировано и приравнено к динамическому уравнению относительного полета корнеплода. В результате было получено уравнение для определения времени скольжения корнеплода по поверхности воронки

$$g \sin \beta_1 \cos \omega t + g \cos \beta_1 \sin \omega t - A = \\ = \omega^2 M \cos \omega t - \omega^2 T \sin \omega t - 4 f^2 \omega^2 \bar{c}_1 e^{2 f \omega t} \quad (9)$$

Определив из этого уравнения графическим способом время t и подставив его значение в уравнение (8), было получено значение координаты точки отрыва корнеплода X .

После отрыва от поверхности воронки на корнеплод действует в системе стационарных координат $X'O'Y'$ лишь одна сила - его вес $\bar{P}$. Поэтому дифференциальное уравнение полета в проекции на ось X' имеет вид: $m\ddot{X}' = 0$.

Дважды проинтегрировав это выражение, получили уравнение для определения искомой координаты точки пересечения траекторией полета корнеплода условной оси Z :

$$X' = V_a t \cos \psi + X'_1, \quad (10)$$

где: V_a - абсолютная скорость корнеплода в момент его отрыва от поверхности воронки, м/с; ψ - угол, образуемый вектором абсолютной скорости V_a с горизонтальной осью, гр.; t - полное время полета корнеплода, с; X'_1 - координата места расположения корнеплода в стационарной системе в момент его отрыва от поверхности воронки, м.

Абсолютная скорость корнеплода (рис. 4) определяется по формуле:

$$V_a = \sqrt{V_e^2 + V_r^2 + 2 V_e V_r \cos \alpha}, \quad (11)$$

где: $V_e = \omega SO'$ - переносная скорость, м/с; V_r - относительная скорость корнеплода, м/с, определяется путем дифференцирования уравнения (8); $\alpha = \pi/2 + \delta'$.

Значения расстояния SO' и угла δ' определяются так же как расстояние R и угол δ . Угол ψ (рис. 4) определяется по формулам:

$$\psi = \lambda - \delta' - \beta, \quad (12)$$

$$\psi = \beta + \delta' - \lambda \quad (13)$$

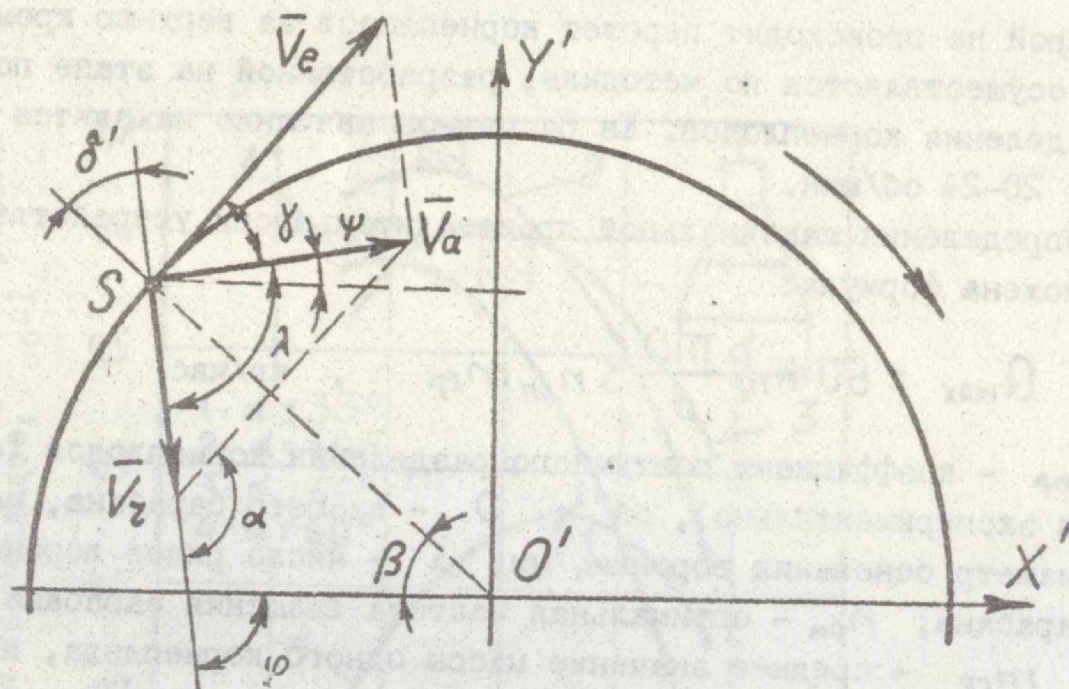


Рис.4. Определение абсолютной скорости корнеплода в момент его отрыва от поверхности воронки.

Если вектор $\bar{V}_a$ направлен вверх, углу ψ удовлетворяет формула (12), а если вектор $\bar{V}_a$ направлен вниз – формула (13). Угол λ определяется из условия: $\frac{V_a}{\sin \alpha} = \frac{V_e}{\sin \lambda}$, а угол β по формуле: $\beta = \beta_1 + \omega t - \delta'$. Координата X'_1 определяется по формуле:

$$X'_1 = -SO' \cos \beta \quad (14)$$

Используя известные законы динамики полета материальной точки:

$$t = 2 \frac{V_a \sin \psi}{g} + \sqrt{\frac{2 SO' \sin \beta + D}{g}} \quad (15)$$

Таким образом, определив по формуле (10) координату X'_1 , считали выбранную частоту вращения барабана оптимальной, если выполняется условие:

$$-d \leq X'_1 \leq 0,$$

где d – диаметр основания воронки.

После заполнения патрубков корнеплодами осуществляется их ориентация. Если неправильно сориентированные корнеплоды при выпадении из патрубков залетают за верхнюю кромку экрана 4 (рис.2), происходит резкое снижение качества ориентации, т.к. попавшие за экран корнеплоды выпадают из барабана наружу необработанными.

Определение максимально допустимой частоты вращения барабана,

при которой не происходит перелет корнеплодов за верхнюю кромку экрана, осуществляется по методике, разработанной на этапе поштучного разделения корнеплодов. Ее расчетное значение находится в пределах 20-24 об/мин.

Для определения максимальной производительности устройства была предложена формула:

$$Q_{\max} = 60 K_{np} \frac{\pi D}{d} S n_{оп} m_{ср} \quad , \text{ кг/час} \quad (16)$$

где: K_{np} - коэффициент поштучного разделения корнеплодов (определяется экспериментально), об⁻¹; D - диаметр барабана, мм; d - диаметр основания воронки, мм; S - число рядов воронок по длине барабана; $n_{оп}$ - оптимальная частота вращения барабана, об/мин; $m_{ср}$ - среднее значение массы одного корнеплода, кг.

В главе 3 описаны экспериментальные исследования и осуществлен выбор оптимальных размеров рабочих органов и режимов эксплуатации устройства. В качестве параметров, характеризующих изучаемые процессы, были приняты:

1. Коэффициент поштучного разделения корнеплодов: $K_{np} = \frac{K}{M}$, об⁻¹; где: K - общее количество обработанных корнеплодов за время проведения опыта, шт.; M - общее количество воронок, участвующих в процессе за время проведения опыта, шт. об.

2. Коэффициент ориентации корнеплодов: $K_o = \frac{K_n}{K}$, где K_n - количество правильно сориентированных корнеплодов за время проведения опыта, шт.

Определяли влияние на изучаемые процессы размеров рабочих органов, частоты вращения барабана, степени его загрузки корнеплодами, представляющей отношение одновременно находящихся в барабане корнеплодов к количеству воронок барабана и состояния поверхности корнеплодов (сухие - влажные).

Было установлено, что наиболее заметное влияние на поштучное разделение корнеплодов оказывают угол при вершине конуса воронки и частота вращения барабана (рис.5). Состояние поверхности корнеплодов практически не влияет на процесс. Максимальное значение $K_{np} = 0,68 \text{ об}^{-1}$ достигается при $\alpha = 40^\circ$; $d = 160 \text{ мм}$; $n = 10 \text{ об/мин}$; $X_4 = 9$.

В период ориентации корнеплодов значимое влияние на процесс оказывает лишь частота вращения барабана (рис.6). При этом максимальное значение $K_o = 0,97$ достигается при $n = 8,3 \text{ об/мин}$.

Анализ экспериментальных данных подтвердил выдвинутую гипотезу

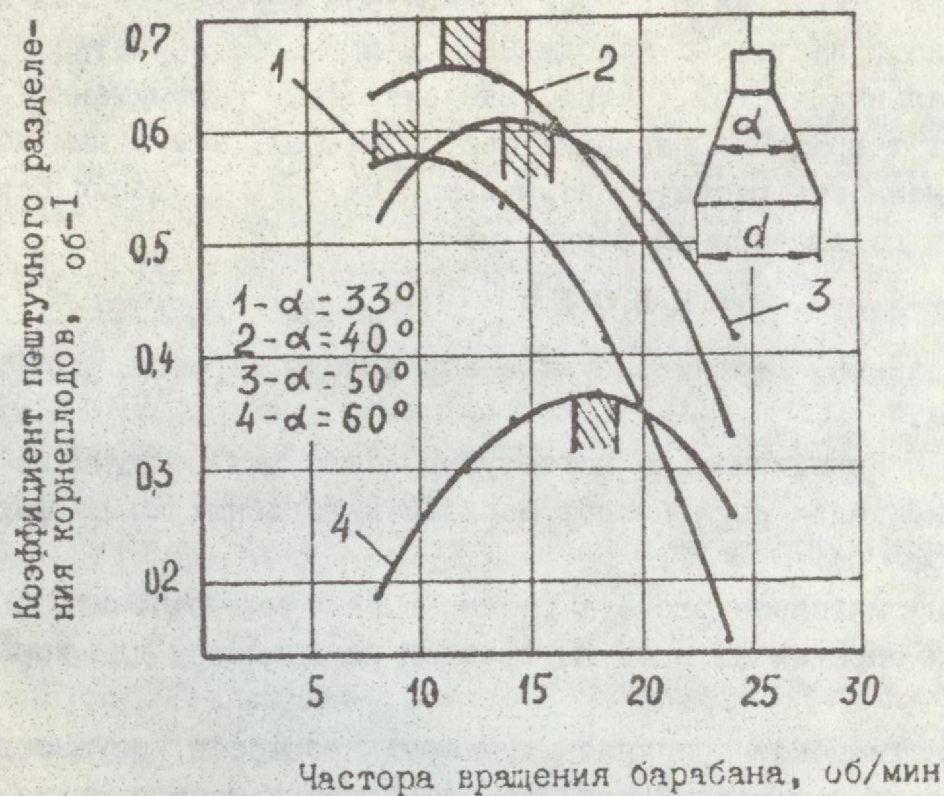


Рис.5. Изменение коэффициента поштучного разделения корнеплодов в зависимости от частоты вращения барабана для воронок с разными углами при вершине конуса ($d = 130$ мм; $\chi_4 = 9$).

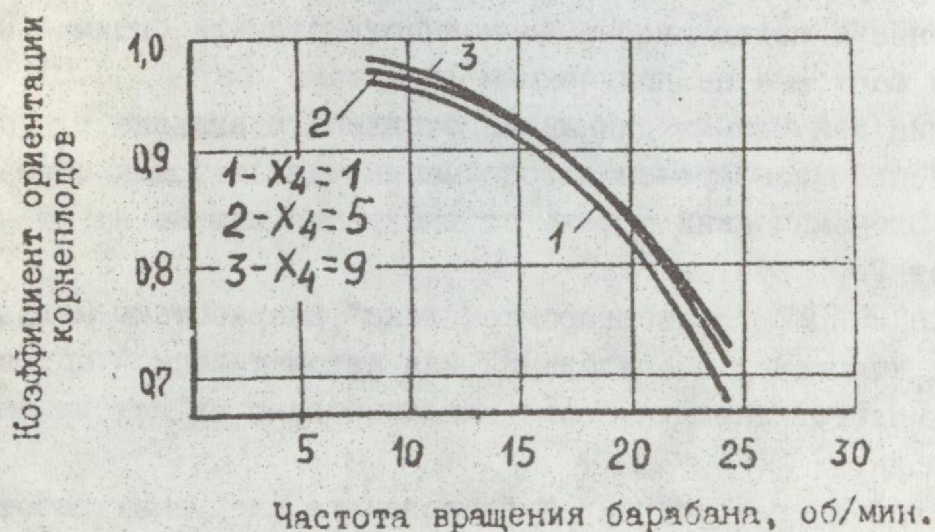


Рис.6. Изменение коэффициента ориентации корнеплодов в зависимости от частоты вращения барабана при разных степенях загрузки барабана корнеплодами χ_4 .

о протекании процессов поштучного разделения и ориентации корнеплодов в предложенном устройстве. Максимальное поштучное разделение корнеплодов достигается в каждом конкретном случае (рис.5) при вращении барабана с частотой, находящейся в пределах расчетного диапазона оптимальных частот (на рисунке диапазоны рассчитанных оптимальных частот вращения барабана заштрихованы). Тем самым подтверждается возможность расчета оптимальной частоты вращения барабана устройства по выведенным формулам.

ВЫВОДЫ

1. Получены данные, характеризующие корнеплоды моркови, как объект обработки.
2. Разработано принципиально новое устройство для поштучного разделения и ориентации корнеплодов моркови и подобных им по форме плодов (а.с. II53876).
3. Разработана методика расчета размеров основных рабочих органов устройства и определены пределы фракций по диаметру для корнеплодов моркови.
4. Дано математическое описание изучаемых процессов, осуществляющихся в предложенном устройстве, на основании которого можно рассчитать оптимальную частоту вращения барабана устройства.
5. Получено выражение, связывающее производительность устройства с размерами рабочих органов и режимом его эксплуатации.
6. Экспериментальным путем установлены зависимости между параметрами, характеризующими изучаемые процессы и факторами, влияющими на их протекание и подтверждена возможность расчета оптимальной частоты вращения барабана по полученным формулам.
7. На основании полученных данных изготовлена и введена в эксплуатацию на Одесском консервном заводе машина-автомат для обрезки концов моркови. Экономический эффект от внедрения машины на этом заводе составляет 7500 руб. в год.
8. Совместно с ВНИПИ "Консервпромкомплекс" разработаны исходные требования к комплексу оборудования для автоматической обрезки концов моркови, изготовление которого запланировано на Каховском механическом заводе.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.с. II53876 СССР, МКИ³ А 23 N 15/04. Машина для обрезки концов овощей /Г.М.Евстигнеев, Н.А.Кунянский, О.В.Непомнящий, З.А.Марх, А.К.Гладушняк, С.И.Иларьев (СССР).-№ 3633929/28-13; Заявл. 19.08.83; Опубл. 07.05.85 г, Бюл. № 17.

2. А.с. 982643 СССР, МКИ³ А 23 N 15/04. Устройство для обрезки концов моркови /Р.В.Штейнберг, С.И.Иларьев, В.С.Вавилин (СССР).- 3301752/28-13; Заявл. 11.06.81; Оpubл. 23.12.82, Бюл. № 47.
3. А.с. 963904 СССР, МКИ³ В 65 В 35/26. Устройство для поштучной подачи моркови /Р.В.Штейнберг, С.И.Иларьев, Н.А.Кунянский и др. (СССР).- 3273009/28-13; Заявл. 31.03.81; Оpubл. 07.10.82, Бюл. № 37.
4. А.с. 1017275 СССР, МКИ³ А 23 N 15/04. Устройство для поштучной подачи овощей /С.И.Иларьев (СССР).- № 3329258/28-13; Заявл. 29.07.81; Оpubл. 15.05.83, Бюл. № 18.
5. А.с. 1018617 СССР, МКИ³ А 23 N 15/02. Устройство для удаления плодоножек и чашелистиков у баклажанов /Р.В.Штейнберг, С.И.Иларьев, М.Д.Фойгель (СССР).- 3390401/28-13; Заявл. 03.02.82; Оpubл. 23.05.83; Бюл. № 19.
6. Иларьев С.И. Анализ принципов работы машин для обрезки концов моркови /Тезисы докл. Республ. науч.конф. молодых ученых по актуальным проблемам пищевой пром-сти.- Тбилиси.- 1981, с.35-37.
7. Механизация поштучной обработки плодов и овощей /Н.А.Кунянский, О.В.Непомнящий, С.И.Иларьев, А.К.Гладушняк // Пищевая и перерабатывающая пром-сть.- 1986.- № 5.- С.53-55.
8. Методика расчета размеров основных рабочих органов машины для автоматической обрезки концов моркови /С.И.Иларьев, А.К.Гладушняк; Одес.технол.ин-т пищ.пром-сти.- Одесса, 1986.- 10 с.:ил.- Библиогр. - 3 назв.- Рус.- Деп. в ЦНИИТЭИ пищепром 30.04.86 № 1323.
9. Установка для обрезки утолщенных концов моркови.- Одесса. 1984.- 4 с.- (Информ.листок о науч.-техн. достижении /Одесский ЦНТИ; № 84-59).