

масла от времени обкатки, тогда как для длительного режима этого не наблюдается.

3. Наиболее рациональным режимом для обкатки двигателей данного производства является сокращенный режим, он применим на предприятиях с высоким качеством ремонта, промежуточный вариант – там, где уровень производства ниже, а длительный режим обкатки – на предприятиях с низким уровнем технологической обеспеченности и культуры производства.

### ЛИТЕРАТУРА

1. РК РБ 000 17590.444-95. Двигатель ЯМЗ-236, 238, 240 и их модификации. Руководство по капитальному ремонту. – Часть 2. – Минск: Бел. науч.-иссл. ин-т «Транстехника», 1995. – С. 198-203.

2. РК 200-РСФСР-2/1-2018-88. Двигатели ЯМЗ-236, 238, 240 и их модификации. Руководство по капитальному ремонту 236.00.000 РК Ч.П. Сборка, регулировка и испытания. – М.: 1989.

3. Лабушев, Н.А. В Новый год с надежным партнером / Н.А. Лабушев // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – №12. – С. 22-24.

4. РТМ 10.16.0001.002-87. Руководящий технический материал. Обкатка и испытание тракторных и комбайновых дизелей при капитальном ремонте. – Взамен 70.0001.078-82; введ. 01.09.89. – Москва: ГОСНИТИ, 1989. – 80 с.

5. Мухин, Е. М. Обкатка V-образных автомобильных двигателей при капитальном ремонте / Е.М.Мухин, И.И.Столяров. – Москва: Транспорт, 1974. – 104 с.

6. Заренбин, В.Г. Исследование режимов приработки автомобильных двигателей при капитальном ремонте / В.Г. Заренбин, А.Х.Касумов. – М.: Транспорт, 1983. – С. 78.

7. Храмов, Н. В. Обкатка и испытание автотракторных двигателей / Н. В. Храмов, А.Е. Королев, В.С. Малаев. – М.: Агропромиздат, 1991. – 125 с.

УДК 631.362.3

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.04.2008

## ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СОРТИРОВАНИЯ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ

А.М. Заец, аспирант (УО БГАТУ)

### Аннотация

*В статье описана технология расчета основных показателей процесса сортирования корнеплодов моркови. Изложены основные требования международных и межгосударственных нормативных документов к качеству моркови. Приведены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств корнеплодов, позволяющих обеспечить расчёт и оптимизировать параметры конструкции.*

### Введение

В настоящее время в республике практически отсутствует производство новых пунктов послеуборочной обработки корнеплодов моркови, а существующие машины, применяемые на перерабатывающих предприятиях, морально устарели, поэтому не могут своевременно и качественно обрабатывать нарастающий поток продукции.

Техническое переоснащение сельскохозяйственного производства, использование высокопроизводительных отечественных пунктов, линий и механизмов позволит повысить эффективность и качество производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия в объемах, достаточных для внутреннего рынка и формирования экспортных партий.

Сохранить корнеплоды моркови от порчи на более длительный период, создать запасы для потребления в течение круглого года, облегчить труд женщин в домашнем хозяйстве, разнообразить меню на предприятиях общественного питания и многое дру-

гое возможно осуществить, используя промышленный метод консервирования [1]. Но промышленная переработка предъявляет определённые требования к заготавливаемому сырью, которые можно выполнить с помощью дополнительной послеуборочной доработки сортировальными машинами.

### Основная часть

Морковь, поступающую для реализации в сыром виде, необходимо подготовить в соответствии с ГОСТ 1721-85 [2], ГОСТ Р 51782-2001 [3], либо стандарта ЕЭК ООН FFV-10 [4]. Качество моркови свежей оценивают по ГОСТ 1721-85 «Морковь столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая». В соответствии с требованиями и нормами этих технических условий корнеплоды моркови, поставляемые для потребления в свежем виде и для промышленной переработки, по внешнему виду должны быть целыми, чистыми, не увядшими, не треснувшими, без повреждений сельскохозяйственными вредителями, не уродливыми по форме, с длиной оставшихся черешков не

более 2,0 см. Размер корнеплодов по наибольшему поперечному диаметру для сорта «Шантанэ 2461» должен быть в пределах от 3,0 до 7,0 см, а для остальных сортов – 2,5...6,0 см. В партии допускается не более 10% корнеплодов с отклонением в диаметре на 0,5 см от установленных размеров [2].

В Российской Федерации введён стандарт ГОСТ Р 51782-2001 «Морковь столовая свежая, реализуемая в розничной торговой сети». Согласно этому нормативному документу морковь в зависимости от качества подразделяют на три класса: «экстра», первый и второй. Общие нормы для внешнего вида корнеплодов всех классов совпадают с нормами, приведенными выше. Размер корнеплодов по наибольшему поперечному диаметру, убранных до 1 сентября, для всех классов должен находиться в диапазоне 2...4 см. После 1 сентября: для класса «экстра» – (2,0...4,5) ± 0,5 см; первого – (2...6) ± 0,5 см; второго – (2...7) ± 0,5 см.

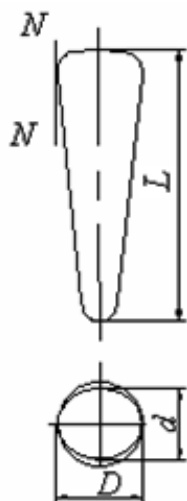


Рис. 1 Основные размерные параметры корнеплода моркови

Количество корнеплодов с отклонением от установленных по диаметру размеров допускается для класса «экстра» не более 5%, для первого и второго – 10% от массы. Размер корнеплодов по длине для класса «экстра» и первого класса должен быть не менее 10 см, второй класс не нормируется.

Для розничной торговли требуется расфасовка в упаковочные единицы однородной по качеству и размеру моркови. В одной упаковочной единице разница между наименьшим и наибольшим диаметром корнеплодов не должна превышать: для класса «экстра» – 1,0 см, первого – 2,0 см, для второго класса – не нормируется [3].

Морковь, поступающую в международную торговлю между странами – членами ЕЭК ООН, подразделяют на три сорта: высший, первый и второй. Требования стандарта ЕЭК ООН FFV-10, предъявляемые к внешнему виду корнеплодов по сортам, практически совпадают с требованиями по классам ГОСТ Р 51782-2001, а положения, касающиеся калибровки, устанавливают следующие параметры: для ранней моркови максимальный диаметр должен составлять 10...40 мм; для моркови основного сбора – 20...45 мм, причём в одной и той же упаковке разница в диаметре между самыми мелкими и самыми крупными корнеплодами не должна превышать 20 мм для высшего сорта и 30 мм для первого.

Допуски по качеству позволяют иметь до 5% в общей массе корнепло-

дов, не удовлетворяющих требованиям высшего сорта, но удовлетворяющих первому сорту. Для первого и второго сорта допускается до 10% корнеплодов с отклонениями от установленных норм по сортам.

Для всех сортов допускается наличие 10% (по весу) корнеплодов, не соответствующих требуемым размерам [4].

подавляющее большинство машин, предназначенных для уборки овощей, не могут обеспечить получение товарной продукции. Ворох, получаемый после машинной уборки, нужно доводить до товарного вида дополнительной обработкой [5].

Анализ фракционного состава по наибольшему диаметру показывает, что убранная овощная масса в своём составе содержит 15...20% мелких, 3...5% крупных и разросшихся корнеплодов [1]. Выделение из общего количества этой категории корнеплодов позволит получить морковь, соответствующую требованиям стандарта по размерам.

В настоящее время, как в европейской, так и в отечественной практике в качестве критерия разделения корнеплодов на однородные группы принят наибольший поперечный диаметр. На рис. 1 видно, что морковь представляет собой в идеале коническое тело, ось которого проходит через головку и тело корнеплода. Плоскость, перпендикулярная к оси и проходящая через точку касания прямой N-N к поверхности плода, является плоскостью максимального сечения. Эта плоскость характеризуется диаметрами двух концентрических окружностей D и d, между которыми расположен истинный контур корнеплода. Длина моркови L определяется как максимальное расстояние между двумя его точками вдоль оси симметрии.

Рассмотренные величины не определяются однозначно для каждого плода, ибо плод как биологический объект не имеет абсолютно точных характеристик. Эти характеристики являются случайными величинами.

Корнеплоды моркови при различной крупности имеют разнообразную форму. Проведенные исследования физико-механических свойств моркови установили линейную регрессию между наибольшим и наименьшим диаметром корнеплодов для одного сорта, отображённую на рис. 2.

Было измерено 500 экземпляров моркови из

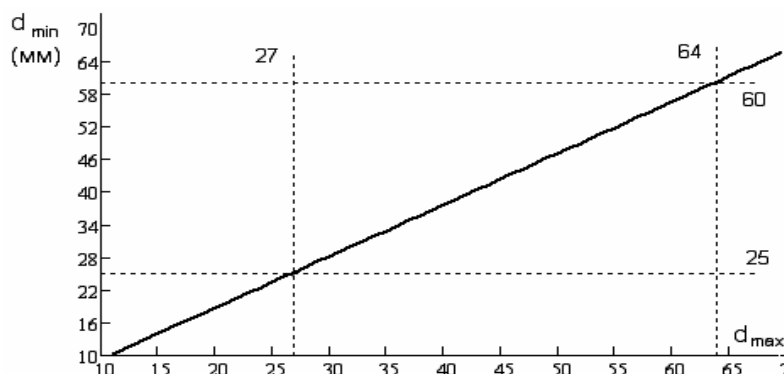


Рисунок 2. График зависимости между наибольшим  $d_{max}$  и наименьшим  $d_{min}$  диаметрами корнеплода моркови

выборочной пробы. В результате обработки данных в программном пакете Mathcad [6] определили следующие показатели: средний диаметр  $d_{cp}=36\text{мм}$ ; среднее квадратическое отклонение  $\sigma_{dcp}=10,17\text{мм}$ ; асимметрия  $A=0.575$ ; эксцесс  $E=0.431$ .

Анализ показателей асимметрии и эксцесса позволяет сделать вывод, что вариационные характеристики максимального диаметра могут быть представлены нормальным законом распределения (рис. 3).

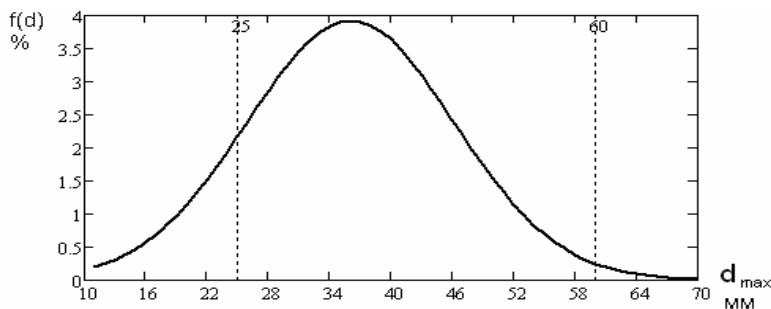


Рисунок 3. График плотности распределения максимального диаметра корнеплодов моркови

Это позволяет принять за основу разделения на фракции наибольший диаметр.

Основными параметрами процесса сортирования корнеплодов в порядке их значимости являются: производительность, степень повреждаемости и точность сортирования [7].

Производительность работы машин для первичной послеуборочной обработки корнеплодов определяется скоростью потока массы, поступающей из-под уборочных машин. Таким образом, необходимую производительность пункта послеуборочной обработки определим исходя из непрерывности и равномерности уборочного процесса, производительности комбайна и урожайности корнеплодов:

$$Q = Q_k V, \quad (1)$$

где  $Q_k$  – производительность комбайна га/ч;  $V$  – средняя урожайность корнеплодов т/га.

Для условий республики Беларусь необходимая производительность пункта первичной обработки корнеплодов составляет  $7 \pm 3$  т/ч из расчёта на один уборочный комбайн.

Протекание процесса сортирования должно осуществляться в диапазоне скоростей, обеспечивающих минимальные повреждения корнеплодов и максимальную производительность. Исходя из обеспечения условия неповреждаемости корнеплодов, определим скорость движения корнеплодов по рабочей сортировальной поверхности:

$$v_{дон} = \sqrt{2gh}, \quad (2)$$

где  $h$  – допустимая высота падения.

Учитывая рекомендации Н.Н. Колчина [1], примем среднюю скорость движения моркови  $v_{дон}=0,8$  м/с.

Среди существующих сортировок для обработки корнеплодов моркови оптимальной является транспортёрная ременная поверхность. На ней перемеще-

ние продукта относительно поверхности сведено к минимуму, что уменьшает повреждения клубней. Факторами, повышающими точность сортирования, являются улучшенное регулирование размеров калибрующих отверстий в зависимости от характеристик продукта и ориентация корнеплодов максимальным диаметром вдоль рабочей щели.

Ширину рабочей поверхности ременных сортировок ориентировочно определим из соотношения

$$B = \frac{Q}{q}, \quad (3)$$

где  $Q$  – необходимая производительность ременной сортировки, т/ч;  $q$  – удельная нагрузка,  $12 \dots 16$  т/(ч·м) [6].

По расчётам она находится в диапазоне  $0,2 \dots 1$  м.

Общая длина сортирующей поверхности  $L_c$  зависит от способа выделения фракций и их количества. При последовательном способе выделения

$$L_c = l_1 + l_0, \quad (4)$$

где  $l_1$  – длина участка калибрования;  $l_0$  – длина участка ориентации и загрузки машины корнеплодами.

$$l_1 = \frac{q(1 - A_i r_i)(1 - A_{i-1} r_{i-1}) \ln(1 - r_i)}{\mu_i p_{oi}}, \quad (5)$$

где  $A_i$  – относительное содержание  $i$ -й фракции в общей массе корнеплодов, доли единицы;  $r_i$  – теоретический коэффициент точности сортирования проходной фракции, доли единицы;  $\mu_i$  – отношение общей площади калибрующих отверстий участка, выделяющего  $i$ -ю фракцию в проход, к площади всего участка;  $p_{oi}$  – удельная производительность  $1\text{м}^2$  калибрующих отверстий данного участка [1].

Для выделения трёх фракций моркови длина участка калибрования составляет  $l_1=1,1\text{м}$

$$l_0 = \frac{1}{2} \pi L, \quad (6)$$

где  $L$  – длина корнеплода.

По расчётам минимальная длина участка для ориентации  $l_0=0,4\text{м}$ .

Соответственно минимальная длина рабочей поверхности составит  $1,5\text{м}$ .

Точность сортирования можно оценивать по массе либо по количеству корнеплодов. Общий коэффициент точности сортирования определим по зависимости:

$$r_{общ} = 100 \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{m_{\Sigma}}, \quad (7)$$

где  $n$  – число фракций;  $m_i$  – масса либо количество корнеплодов, оказавшихся в данной фракции и отвечающих её требованиям;  $m_{\Sigma}$  – суммарная масса либо количество корнеплодов всех фракций.

Действительный коэффициент точности сортирования по каждой фракции

$$r = 100 \frac{m_i}{m_{oi}}, \quad (8)$$

где  $m_{\phi i}$  – общая масса либо количество клубней, выделенных в данную фракцию [1].

Воспользовавшись графиками рисунков 2, 3 и законом нормального распределения

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (9)$$

можно произвести расчёт коэффициента теоретической точности сортирования каждой фракции. Подсчитывая  $\Delta m_n$  – количество потерь корнеплодов данной фракции в смежные и  $\Delta M_n$  – количество корнеплодов из других фракций, попавших в данную, определяем степень потерь  $\eta_n$  и точность сортирования  $r$ :

$$\eta_n = \frac{\Delta m_n}{m_n}; \quad r = \frac{1}{1 + \frac{\Delta M_n}{m_n - \Delta m_n}}, \quad (10)$$

где  $m_n$  – количество корнеплодов данной фракции по закону нормального распределения корнеплодов для границ фракций  $x_n$  и  $x_{n-1}$  мм [8].

К примеру, за границы фракций возьмём границы, установленные ГОСТ 1721-85, т.е. 25мм – между мелкой и средней фракцией и 60мм – между средней и крупной. Тогда, подставляя значения границ в зависимость

$$\int_{x_{n-1}}^{x_n} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx, \quad (11)$$

определяем  $m_n=85,2\%$ .

Для нахождения  $\Delta m_n$  и  $\Delta M_n$  воспользуемся графиком рисунка 1 и определим возможные границы переброса корнеплодов из смежных фракций по минимальному диаметру. В нашем случае это 27 и 64мм. Подставив новые пределы в зависимость (11), находим  $\Delta m_n=4,8\%$  и  $\Delta M_n=0,6\%$ . По полученным данным определяем возможные теоретические показатели  $\eta_n=0,06$ ,  $r=0,99$ .

Анализ закономерностей (10) процесса калибрования показывает, что точность сортирования при количестве фракций более двух существенно зависит от величины интервала фракции  $\lambda$  (рис. 4).

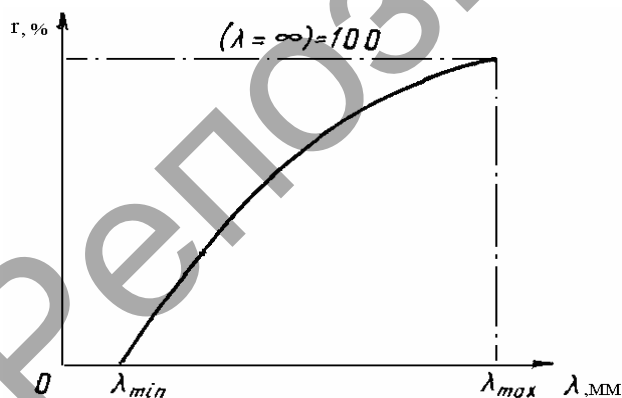


Рисунок 4. Графическое изображение процесса разделения корнеплодов в зависимости от интервала

С увеличением  $\lambda$  значение  $r$  непрерывно увеличивается, асимптотически приближаясь к прямой. Следовательно, при некотором  $\lambda_{\min}$  калибрование становится невозможным из-за смешения смежных фракций, а при значениях, стремящихся к  $\lambda_{\max}$ , происходит ухудшение товарного вида и сохранности корнеплодов.

Выбор количества и интервала фракций является задачей оптимизации, влияющей на общую длину машины. Точность калибровки зависит в основном от размерной характеристики плодов и типа калибрующего органа.

Взяв за основу полезную модель устройства для сортирования корнеплодов, описанную в патенте [9], и данные расчётов, была изготовлена лабораторная установка (рис. 5).



Рисунок 5. Лабораторная машина для сортирования корнеплодов

В октябре 2007г. на базе учебного хозяйства УО «Высоковский государственный сельскохозяйственный профессионально-технический колледж» (Брестская обл.) производилась производственная проверка машины. Опыты проводились со свежесобранной морковью сорта «Пинер-2», польской селекции. В настройках машины делители фракций устанавливались в положении 25 и 60мм. В результате работы были получены следующие результаты:

- отсортировано 52,5т корнеплодов моркови;
- устройство работало со средней производительностью 3 т/ч;
- общая точность сортирования составила 94,8%;
- точность сортирования средней фракции – 98%;
- степень потерь средней фракции в смежные составила 3%.

### Выводы

Анализ качества реализуемой и поступающей на переработку моркови показывает её неудовлетворительную послеуборочную обработку. Размерные параметры поставляемых корнеплодов выходят за допустимые пределы нормативных документов.

Предлагается технология расчёта основных параметров процесса сортирования корнеплодов, позволяющая повысить качество обрабатываемого материала, и эффективно проводить технологический процесс послеуборочной обработки.

Экспериментальные опыты, проводившиеся на лабораторной установке, разработанной на основе приведенных расчётов, практически подтвердили теоретические данные точности сортирования.

Данная методика расчёта параметров технологического процесса также может быть использована для разработки сортировальных поверхностей, предназначенных для обработки картофеля, лука, столовой свеклы, редиса, огурцов, что позволяет выделить основные этапы расчёта в общую методику расчёта сортировальных машин.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Колчин, Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей/ Н.Н. Колчин. – М.: Машиностроение, 1982. – 268 с.

2. ГОСТ 1721-85. «Морковь столовая свежая, заготавливаемая и поставляемая». Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 89 с.

3. ГОСТ Р 51782-2001. «Морковь столовая свежая, реализуемая в розничной торговой сети». – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 7 с.

4. Стандарт ЕЭК ООН FFV-10. «Сбыт и контроль товарного качества моркови, поступающей в международную торговлю между странами – членами ЕЭК ООН и импортируемой ими». – Женева, 1998. – 6 с.

5. Казимиров, А.А. Состояние и перспективы развития механизации и автоматизации в овощеводстве/ А.А. Казимиров, Е.М. Казимирова. – Мн.: БелНИИТИ, 1981. – 56 с.

6. Макаров, Е. Инженерные расчёты в Mathcad 14(+CD)/ Е.Макаров. – СПб.: Питер, 2007.

7. Машиностроение: в 40 т. / И.П. Ксенович [и др.]; отв. ред. М.М. Фирсов. – Т. 4-16: Сельскохозяйственные машины и оборудование. – М.: Машиностроение, 1998. – 720 с.

8. Четвертаков, А.В. Машины для товарной обработки плодов/ А.В. Четвертаков, И.М. Брутер, С.Б. Бранд. – М.: Машиностроение, 1977. – 155 с.

9. Устройство для сортирования корнеплодов: пат. 828 Респ. Беларусь, U МПК А 23N 15/00/Р.С. Сташинский, А.М. Заец; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – № и 20020192; заявл. 08.07. 2002; опубл. 30.03.2003// Офиц. бюл./ Нац. центр интеллектуал. собственности. – 2003. – №1 (36). – С. 197.

**“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.**

**Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным и техническим наукам (сельскохозяйственное машиностроение, транспорт, геоэкология, энергетика). Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на первое полугодие 2009 года: для индивидуальных подписчиков - 24300 руб., ведомственная подписка - 48600 руб.**