



**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**



**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**



**«АГРОСАНОАТ МАЖМУАСИ УЧУН ФАН, ТАЪЛИМ ВА  
ИННОВАЦИЯ, МУАММОЛАР ВА ИСТИҚБОЛЛАР»  
МАВЗУСИДАГИ ХАЛҚАРО ИЛМИЙ-АМАЛИЙ АНЖУМАН**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ И ИННОВАЦИИ ДЛЯ АПК:  
СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ»**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE  
«SCIENCE, EDUCATION AND INNOVATION FOR AGRO-  
INDUSTRIAL COMPLEX: PROBLEMS AND PROSPECTS»**



**I - Тўпلام**

**22-23 ноябрь 2019 йил**

**ТОШКЕНТ – 2019**

**МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛОДОВ ДЫНИ**

Б.П. Шаймарданов т.ф.д. профессор, А.Н. Боротов, Н.А. Ашуров ассистентлар, Тиркашов Алишер Ислом ўгли мустақил тадқиқотчи.

Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти

**Аннотация**

В статье приводятся результаты исследования физико-механических свойств плодов дыни как объект технической переработки кожуры, мякоти и семени.

**Ключевые слова:** дыни, физико-механические свойства, переработка, механизация, мякоть, семян, кожура.

**MECHANICAL MODEL OF MELON FRUIT**

B.P.Shaymardanov, A.N. Borotov, N.A. Ashurov, A.I. Tirkashov.

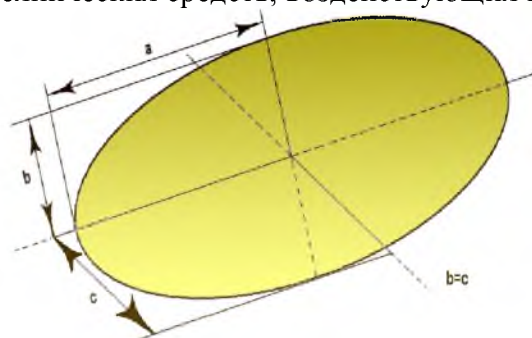
**Abstract**

This manual describes the results of researches on physical-mechanical properties of a melon as an object of technical food processing.

**Key words:** melons, physical and mechanical properties, processing, mechanization, flesh, seed, peel.

Рассмотрим плод дыни в качестве сырья для технической переработки.

На рис.1 показаны основные геометрические характеристики, которые следует учитывать при разработке технологии и технических средств, воздействующих на плод.



**Рис.1.** Геометрические характеристики плодов дыни.

В литературах отношение длины к диаметру плодов дыни принято определять как индекс формы  $k = a/b$ .

Но внешние геометрические параметры плодов не дают представления о тех действиях, которые следует производить над плодом, чтобы выполнить первичную и полную технологическую переработку.

На рис.2 показан поперечный разрез плода дыни. Здесь следует выделить несколько основных элементов: - кожуры, имеющая толщину  $h_k$ ; - мякоть, имеющая внешний и внутренний диаметры  $d_{мяк.}$  и  $d_{пол.}$ , образуемые кожурой и внутренней полостью; плацента с семенами, заключенные во внутренней полости.

Поэтому при назначении способов переработки для разрезания составляющих плодов следует учитывать объем, который имеют составляющие плода.

В продольном сечении плода (рис.3) выделим длину внутренней полости, которая определяет объемы мякоти и плаценты с семенами.

Как говорилось выше, форма плодов дыни может быть эллипсоидной, продолговатой, грушевидной и т.п. Но с целью обобщения всех совокупностей форм примем, что дыня имеет форму вытянутого эллипсоида. Введем также упрощение, которое с небольшой погрешностью можно принять для последующего исследования, что поверхности кожуры, мякоти и внутренней полости эквидистантны наружной поверхности плода.

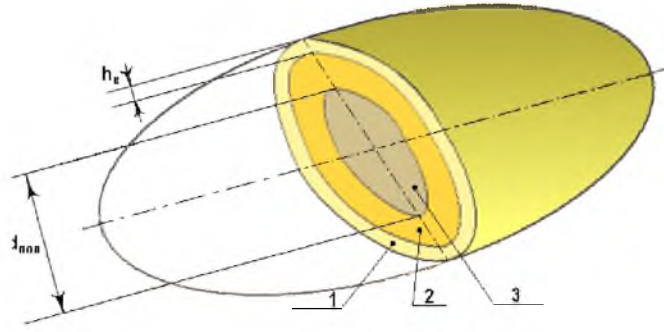


Рис.2. Поперечный разрез плода дыни:  
1- кожура; 2-мякоть; 3-внутренняя полость (плацента с семенами)

Тогда, объем плода в целом определяем по формуле:  $V_{пл} = \frac{4}{3} \pi a b$  , м<sup>3</sup> (1)

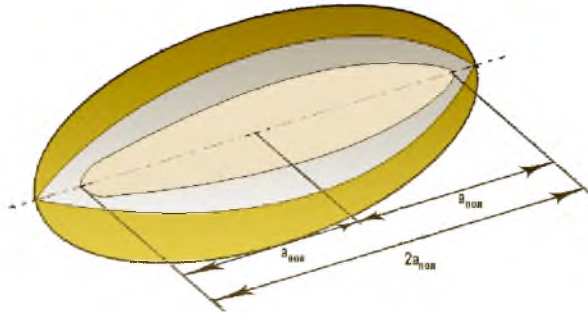


Рис.3. Четвертной продольный разрез плода дыни:  
 $2a_{пол}$  -длина внутренней полости

С учетом принятых обозначений согласно рис.2 и рис.3 определяем объемы кожуры  $V_{кож}$ , мякоти  $V_{мяк}$  и плаценты (внутренней полости)  $V_{пол}$  по формулам:

$$V_{кож} = \frac{4}{3} \pi \left[ ab^2 - (a - h_k)(b - h_k)^2 \right], \text{ м}^3$$

$$V_{пол} = \pi \frac{a_{пол}}{3} d_{пол}^2$$

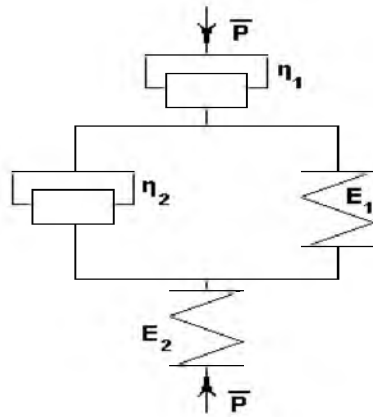
$$V_{мяк} = \frac{4}{3} \pi \left[ (a - h_k)(b - h_k)^2 - a_{пол} \left( \frac{d_{пол}}{2} \right)^2 \right], \text{ м}^3; \quad (2)$$

Проблемы срезания кожуры с поверхности плодов связаны с необходимостью обоснования параметров рабочих органов машины. При выборе способов резания учитываются упруговязкие свойства материала. Для учета свойств необходима математическая модель материала. Математическое описание механических свойств материалов в реологии описываются комбинацией элементов с достаточной точностью, отображающих свойства материалов: упругость, вязкость, пластичность. При таком комбинировании отдается приоритет тем свойствам, которые имеют существенное значение для решения поставленной задачи. Мы предполагаем, что характеристики свойств поведения волокнистых материалов под нагрузкой больше подходит физическая модель, содержащая три последовательно соединенных элемента (рис.1):

элемента  $E_1$  мгновенной упругости;

элемента  $E_2$  запасывающей упругости, соединенного параллельно с элементом вязкости  $\eta_2$ ;

элемента течения  $\eta_1$ , соединенного с первыми двумя последовательно.



**Рис.1.** Реологическая модель растительного материала.



**Рис.2.** Остаточная деформация при воздействии статической нагрузки на плод дыни рабочей поверхности в виде цилиндра диаметром 50 мм и длиной 60 мм.

Полагать, что деформация каждого из элементов  $E$  в данной модели подчиняется закону Гука, а элементов  $\eta$  - закону Ньютона, значит существенно упростить задачу. Тем не менее при таком допущении эта модель позволяет объяснить сущность процесса деформации вязкоупругих материалов под нагрузкой. Так, при быстром нагружении модели полная ее деформация произойдет главным образом за счет сжатия пружины (элемента)  $E_1$ . При фиксации модели в сжатом состоянии пружина  $E_1$  станет перемещать поршень элемента  $\eta_1$ .

По мере продвижения последнего пружина  $E_1$  будет разжиматься и напряжение уменьшится. Мы получим картину релаксации напряжения при постоянной деформации.

Явление ползучести, характерное для упруговязких материалов, может быть получено на указанной модели при условии приложения к ней постоянной нагрузки. Под ее действием вначале произойдет быстрая деформация модели за счет сжатия пружины элемента  $E_1$ , а затем постепенная деформация за счет сжатия пружины элемента  $E_2$  вместе с перемещением поршня элемента  $\eta_2$ . При снятии нагрузки пружина элемента  $E_1$  разожмется мгновенно, а  $E_2$  может разжиматься лишь постепенно, воздействуя при этом на поршень элемента  $\eta_2$ . Положение поршня элемента  $\eta_1$  зафиксирует остаточную деформацию.

Аналитическое описание модели растительного материала сводится к дифференциальному уравнению вида:

$$T \frac{d\sigma}{dt} + H\sigma + K\sigma = \eta_2 \frac{d\epsilon}{dt} + E_2 \epsilon \quad (3)$$

где  $T, H$  и  $K$  – некоторые константы, значения которых определяются в виде:

$$T = \frac{\eta_2}{E} ; \quad H = 1 + \frac{E_2}{E_1} + \frac{\eta_2}{\eta_1} ; \quad K = \frac{E_2}{\eta_2} . \quad (4)$$

Анализ решений частных случаев уравнения (1) позволяет установить в какой мере принятая модель обладает свойствами упруговязкого материала и, в частности,

явлениями ползучести и релаксации напряжений. Так, если в момент времени  $t = 0$  начинает действовать напряжение  $\sigma = const$ , то уравнение (1) примет вид:

$$\sigma = \eta_1 \left( \frac{\eta_2}{E_2} \frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} + \frac{d\varepsilon}{dt} \right) \quad (5)$$

Решение данного уравнения даст зависимость изменения деформации во времени – уравнением ползучести:

$$\varepsilon = \sigma \left[ \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} (1 - e^{-kt}) + \frac{t}{\eta_2} \right] \quad (6)$$

Согласно этому уравнению при  $t = const$  материал получает мгновенную деформацию  $\varepsilon$ , а при увеличении  $t$  деформация растет, чем характеризуется ползучесть.

При условии  $\varepsilon = const$  правая часть уравнения (1) обращается в нуль, то есть

$$T \frac{d\sigma}{dt} + H \sigma + K \sigma = 0 \quad (7)$$

$$\text{Общим решением этого уравнения является: } \sigma = A e^{-\alpha_1 t} + B e^{-\alpha_2 t} \quad (8)$$

$$\text{характеристическое уравнение будет записано в виде } \alpha^2 + \frac{H}{T} \alpha + \frac{K}{T} = 0 \quad (9)$$

на основании решения которого определяются коэффициенты  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

Произвольные постоянные А и В уравнения (8) определяются из начальных условий  $t = 0$ .

$$B = \varepsilon E_1 - A; \quad A = \varepsilon \frac{E_1^2 \left( \frac{1}{\eta_1} + \frac{1}{\eta_2} \right) - \alpha_2 E_1}{\alpha_1 - \alpha_2} \quad (10)$$

Из которых следует, что постоянные А и В зависят от конечного значения деформации  $\varepsilon$ .

Решение уравнения (7) дает зависимость релаксации напряжений (8). Из анализа последнего следует, что при  $t = const$  напряжение имеет значение  $\sigma = A + B$ , при возрастании  $t$  напряжение уменьшается по экспоненциальному закону.

Остаточная деформация на плодах в зависимости от действующей нагрузки при внедрении в тело дыни цилиндра диаметром 50мм и длиной 60мм представлена на рис.2. Как видно из графика, он подчиняется линейной зависимости, которая описывается уравнением вида:  $\varepsilon = -3,44 + 0,037P$ , мм.

Удельная прочность на разрыв при давлении плунжера площадью  $1\text{см}^2$  со стороны мякоти по горизонтам показана рис.3. На диаграмме выделяются три характерных зоны: I- зона (примерно 80% толщины мякоти)- зона незначительной прочности; II- зона – зона увеличения прочности слоя мякоти; III – зона - зона достаточно высокой прочности – корковый слой. При этом понятие «несъедобная часть мякоти плода» на графике выражена III – зоной. Очевидно, что эта зона является граничной толщиной срезаемого слоя кожуры.

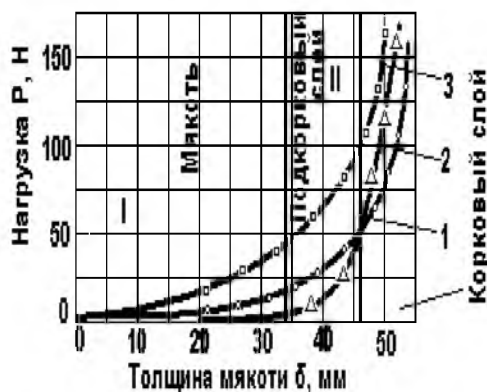
Для оценки влияния сил входящих в полученное уравнение рассмотрим результаты экспериментов, полученных при динамическом срезании кожуры с поверхности плода, а также полученные при врезании ножа в тело дыни.

На рис.4 представлена зависимость, характеризующая процесс резания подкоркового слоя мякоти дыни. При проведении исследования проводилось измерение рельефа в зоне резания и измерение с одновременной записью результатов на самопишущем приборе ПС– 4.

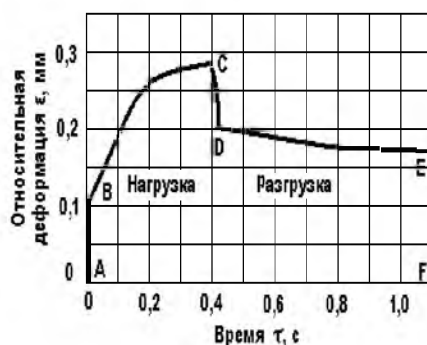
Относительная деформация  $\varepsilon$  мякоти характеризуется периодами мгновенного сжатия АВ, затем наблюдается период постепенного сжатия ВС, в последующем наблюдается процесс мгновенного разжатия CD, завершение процесса характеризуется постепенным разжатием DE.

Указанный процесс соответствует математической модели, описанной выше. Процесс АВ соответствует мгновенному сжатию элемента  $E_1$  (рис.1), процесс ВС – постепенному сжатию элемента  $E_2$  вместе с перемещением поршней  $\eta_1$  и  $\eta_2$ , процесс CD- мгновенному

разжатию элемента  $E_1$ , процесс  $DE$  - постепенному разжатию элемента  $E_2$  и  $EF$  - остаточной деформации.



**Рис.3.** Диаграмма «нагрузка-деформация» для определения твердости мякоти с кожурой со стороны семенной полости: 1-Ак-урук; 2- Ич-кизил; 3- Ассате



**Рис.4.** Экспериментальная зависимость относительной деформации подкоркового слоя при срезании кожуры толщиной 8мм у плода дыни сорта Ак-Урук со скоростью резания 0,3 м/с ножом толщиной 1,2 мм.

Следовательно, наше предположение о соответствии математической модели упруговязкого материала подтверждается экспериментальным исследованием.

Приведенные зависимости позволяют рассчитать объем, а с учетом плотности отдельных элементов и их массу. Это позволяет планировать производства разных видов продуктов при безотходной переработке плодов дыни.

Сменная производительность технологического оборудования переработки сырья должна соответствовать возможному ежедневному сбору урожая, подлежащего переработке. С учетом реальных посевов дыни летних и осенних сортов, которые имеются в хозяйствах ряда областей Узбекистана (в среднем под посев дыни выделяется  $S_{\delta} = 40 \dots 60$  га посевной площади) и реальной урожайности (в среднем урожайность дыни составляет  $U_{\delta} = 25 \dots 35$  т/га), можно определить объем работ, равный  $Q_{\delta} = 1000 \dots 2000$  т. Из этого объема на переработку отправить  $k_{\text{пер.}} = 60 \dots 70$  % урожая, что составит  $G_{\text{пер.}} = 600 \dots 1400$  т. Полагая, что процесс переработки плодов дыни соответствует продолжительности уборки, который составляет  $\tau_{\text{уб.}} = 40 \dots 50$  дней, а также учитывая, что хранение плодов до переработки может составить  $\tau_{\text{хр.}} = 10$  дней.

С учетом изложенного для принятых средних условий сменная производительность цеха по переработке плодов дыни составит  $Q_{\text{см.}} = 12 \dots 20$  т/см.

Технологическое оборудование безотходной переработки плодов дыни должно быть ориентировано на переработку мякоти (65...70 %), кожуры (20...25 %) и семян (10...15%).

### Литература:

1. Б.П.Шаймарданов. Технологические основы и обоснование схемы и параметров средств механизации безотходной переработки плодов дыни. Ташкент. 2000.

24	Юлдашева М.А. <i>Комбинациялашган агрегат тупроқ майдалагичининг фрезали барабани пичоқлари томонидан кесакларни майдаланиши жараёнини тадқиқ этиши</i>	91
25	Хожиматов А., Хусанов Д. <i>Сугориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилашда тик зовурлар фаолиятининг мониторинги</i>	93
26	Хожиматов А., Хусанов Д., Абдулхаков Ф. <i>Обеспечение долговечности закрытого горизонтального дренажа</i>	96
27	Муратов А.Р., Меликузиев С. <i>Сугориладиган ерларни тошлардан механизациялашган усулда тозалашни техник- иқтисодий асослаш</i>	98
28	Марданов Р.Х. <i>Влияние угла атаки стального плуга на агротехнические показатели фронтального плуга</i>	102
29	Пикмуллин Ғ.В., Марданов Р.Х. <i>Рабочий орган культиватора</i>	105
30	Марданов Р.Х. Пикмуллин Ғ.В. <i>Обоснование высоты верхнего обреза сдвоенного корпуса фронтального плуга</i>	107
31	Muhammadiyah M. T. <i>Dunyo aholisi uchun suv – hayot manbaidir. (qo'shni davlatlar misolida)</i>	109
32	Саидходжаева Д.А., Ишанқулов З., Саттиев Ю.Ш., Убайдиллаев А. Н. <i>Рациональное использование водных ресурсов, забираемых из источников орошения</i>	112
33	Кундузов С. А., Туланов И.О. <i>Определение требований при исследовании динамических процессов при проектировании высококлиренсных портальных тракторов для составления универсальных (садоводческих и виноградарских) машинно-тракторных агрегатов</i>	118
34	Mamadaliyev M.X., Holdarov M.SH. <i>Mineral o'g'itlarni solish usullari va uni amalga oshiruvchi kombinatsiyalashgan agregat</i>	122
35	Худоёров А.Н., Собиров Р.В. <i>Тракторларнинг бурилиш жараёнида етакчи гилдирагига таъсир этадиган кучларни камайтириш усуллари</i>	125
36	Абдазимов А.Д., Омонов Н.Н. <i>Ўза тупи ўлчамлари бўйича вертикал шпинделли пахта териш машинаси териш аппарати параметрларида мослигини баҳолаш мезонини ишлаб чиқиш</i>	128
37	Аширбеков И.А., Ирисов Х.Д. <i>Уюрмали-турбулизаторли тўзиткичда ишчи суюқлик сарфини аниқлаш натижалари</i>	133
38	Шаймарданов Б.П., Боротов А.Н., Ашуров Н.А., Тиркашов А.И. <i>Механическая модель плодов дыни</i>	138
39	Шаймарданов Б.П., Боротов А.Н., Ашуров Н.А., Султонов Р.С. <i>Фелиосушилки для сельхозсырья</i>	143
40	Шаймарданов Б.П., Боротов А.Н., Ашуров Н.А., Ҳайитов Б.К. <i>Механизированные гелиосушилки для сельхозсырья</i>	146
41	Шаймарданов Б.П., Боротов А.Н., Ашуров Н.А., Асророва М.Қ. <i>Разработка и расчет технологической схемы вакуум-гелиосушилки</i>	149
42	Бадалов С.М. <i>Ўзаларга кимёвий ишлов беришда юқори самарали иттангали пуркагич</i>	153
43	Бердиев Ш.Ж., Чулиев М. <i>Обоснование и разработка противопросадочных мероприятий по применению бороздкового способа полива</i>	156
44	Berdimuradov.U.S. <i>Factors influencing the efficient use of labor resources in the agricultural sector</i>	162
45	Бойметов Р.И., Абдулхаев Х.Ғ. <i>Ўза сугоришининг сув тежайдиган технологияси</i>	165
46	Ғайбуллаев Б.Ш. <i>Сабзавотчилик трактори билан ишлатиладиган плуг корпусининг қамраш кенглиги ва сонини асослаш</i>	169
47	Дускулов А.А., Исақов А.А., Махмудов Х.С., Боротов А.Н. <i>Роторли картошка кавлагич ишчи қисмининг технологик жараёни таҳлили</i>	174
48	Қурбонов Ф.Қ., Таджибекова И.Э. <i>Ўзани парваришлашда интенсив ва ресурс тежамкор технологияларни қўллаш</i>	179