

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛОДЫ ТОМАТА

Манянин С.А., Несмиянов И.А.

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград

Ключевые слова: вибрационное воздействие, плод томата, физико-механические свойства, имитационное моделирование, сохранность плодов.

Аннотация. Вибрационные воздействия на плоды томатов возникают в случае их перемещения по транспортерам комбайна при уборке. Динамические воздействия на плоды, уложенные в тару, возникают при движении по неровностям. Важным фактором сохранности плодов томата являются не только их физико-механические свойства, но и ограничение амплитуды и частоты вибрационного воздействия на технологических линиях. Вследствие чего важно оценивать эти предельные параметры для вновь созданных сортов и гибридов томатов.

SIMULATION OF VIBRATION EFFECTS ON TOMATO FRUITS

Manyanin S.A., Nesmiyanov I.A.

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Keywords: vibration impact, tomato fruit, physical and mechanical properties, simulation modeling, preservation of fruits.

Abstract. Vibration effects on tomato fruits occur when they are moved along the combine conveyors during harvesting. Dynamic effects on fruits packed in containers occur when moving over irregularities. An important factor in the preservation of tomato fruits is not only their physical and mechanical properties, but also the limitation of the amplitude and frequency of vibration effects on technological lines. As a result, it is important to evaluate these limiting parameters for newly created tomato varieties and hybrids.

Физико-механические свойства плодов томата во многом обуславливают параметры технологических процессов транспортировки, сортировки и калибровки плодов. Механическая прочность плодов и их устойчивость к динамическим нагрузкам предъявляют требования практически ко всем технологическим процессам [1-3].

Для исследования физико-механических свойств плодов овощей и фруктов существует ряд устройств и приборов. Они разнообразны и предназначены для конкретного овоща или фрукта. Все эти приборы можно разделить на две категории: для статических испытаний и для динамических [2, 4].

Для исследования воздействия вибрации на плоды томата, в качестве источника механических колебаний выбран кривошипно-ползунный механизм. На рисунке 1 представлена расчетная схема стенда для исследования воздействия вибрации на плоды томата [5].

Согласно расчетной схемы стенда для исследования влияния вибраций на плоды томата (рис.1) на основе уравнения векторного контура с учетом всех преобразований получено уравнение движения ползуна C в зависимости от угла поворота кривошипа φ_1 :

$$x_C = l_1 \left(-\frac{1}{\lambda} + \frac{\lambda}{4} + \cos \varphi_1 - \frac{1}{4} \lambda \cos 2\varphi_1 \right), \quad (1)$$

где l_1, l_2 – соответственно длины кривошипа и шатуна, м;

$\lambda = l_1 / l_2$ – отношение длины кривошипа АВ к длине шатуна ВС.

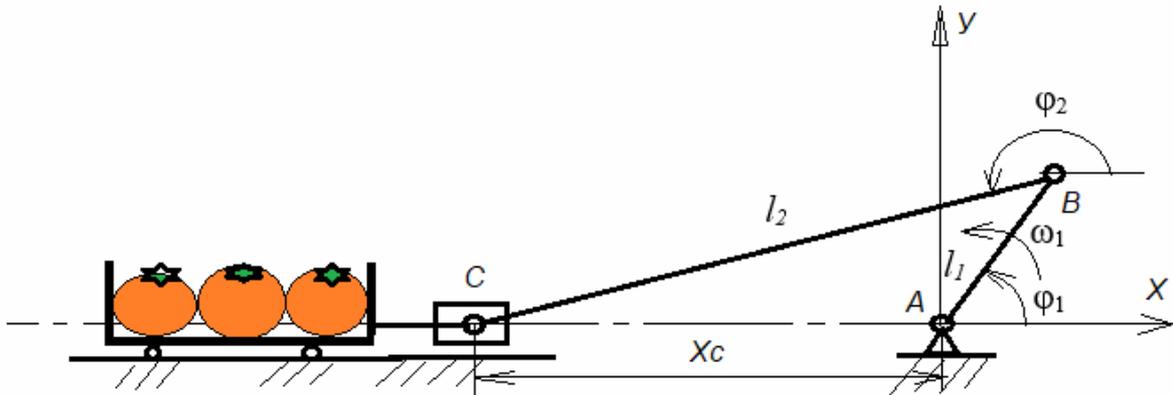


Рис. 1. Расчетная схема стенда для исследования воздействия вибрации на плоды томата

Имитационное компьютерное моделирование было проведено в программе SimulationX 3.1. Компьютерная модель (рис. 2) реализована посредством стандартных элементов библиотек. Возмущающая гармоническая сила задана по закону (2), закон изменения её задавался в блоке SOURCE1 (рис. 2).

$$F_C = M \omega_1^2 l_1 (\cos \varphi_1 - \lambda \cos 2\varphi_1), \quad (2)$$

где M – приведенная к точке С масса тары с томатами;

ω_1 – угловая скорость кривошипа.

Результаты моделирования получены в виде графических зависимостей изменения силы реакции плода (рис. 3).

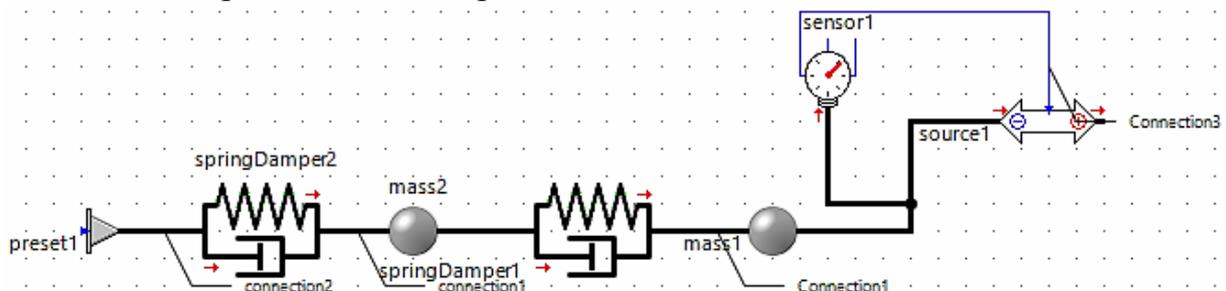


Рис. 2. Имитационная модель колебательной системы в среде SimulationX 3.1

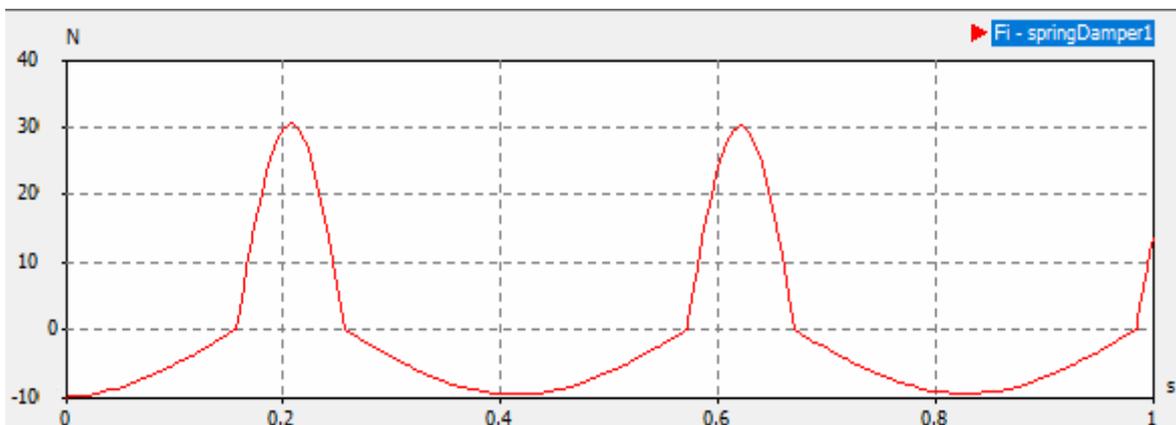


Рис. 3. Изменение реакции плода на возмущающую гармоническую силу частотой 2,6 Гц

Для проведения экспериментальных исследований разработан стенд (рис. 4). Стенд состоит из основания 1, подвижной платформы 2, колебательные движения которой задаются кривошипно-ползунным механизмом 3. На платформу 2 установлен лоток 4, в который укладываются плоды томата 5. Для имитации плотной укладки плодов они поджимаются регулировочным винтом 6. Между плодами томата установлены пьезоэлектрические датчики вибрации 7. Датчики через блок согласования 8 подключены к микроконтроллеру 9. Микроконтроллер запрограммирован как аналогово-цифровой преобразователь. Сигнал от микроконтроллера подается на персональный компьютер для регистрации параметров.

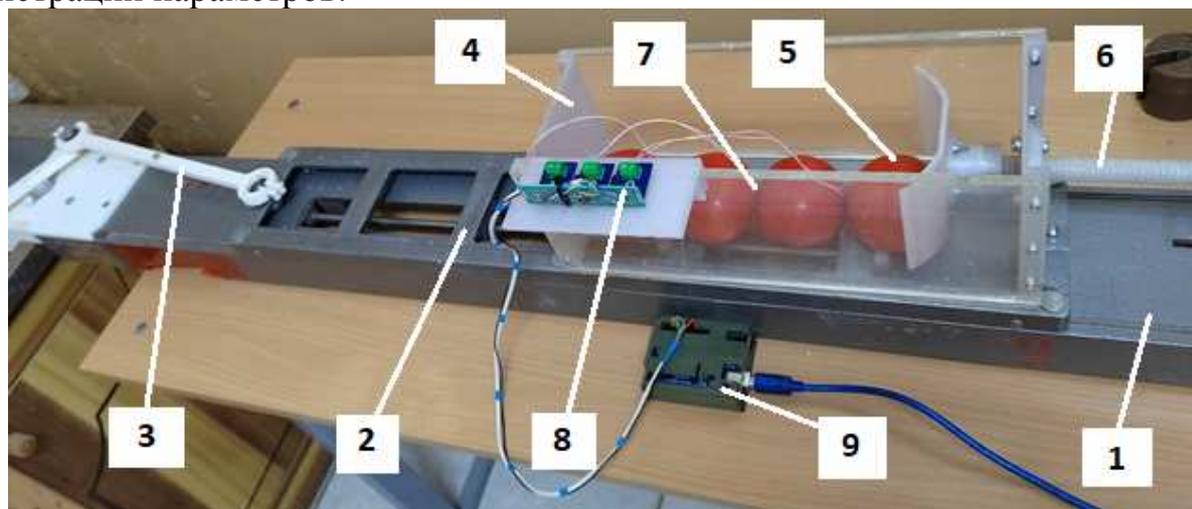


Рис. 4. Внешний вид стенда для исследования вибрации на плоды томата

Исследования проводили при частоте колебаний в диапазоне 2...15 Гц для гибридов томатов, полученных на основе сортов Волгоградской селекции «Финиш», «Новичок», «Волгоградский 5/95».

На рисунке 5 представлена экспериментальная кривая изменения реакции плодов томата на возмущающие гармонические колебания частотой 50 с^{-1} или 7,96 Гц. Как видно из рисунка 5, амплитуды колебаний не одинаковы на разных периодах, это объясняется проявлением диссипативных свойств плодов томата. При увеличении частоты до 10 Гц наблюдается явное повреждение плодов датчиками, а соответственно стенками тары в реальных условиях.

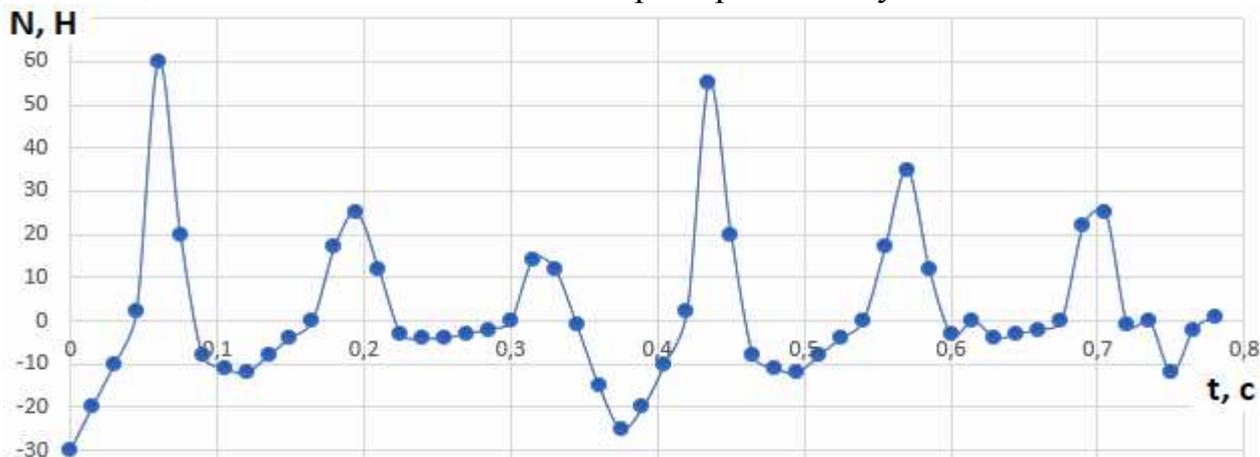


Рис. 5. Результаты колебаний реакций N плодов томата на возмущающие гармонические колебания

Заключение

Проведенные исследования показали, что физико-механические свойства зависят от сорта (гибрида) томата и при проектировании технологических линий вибросепарации, вибротранспортирования следует учитывать предельные значения вибронагрузок на плоды с целью их сохранности.

Финансирование. Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект №FESR-2023-0009).

Список литературы

1. Бабаев А.Г. Изучение и оценка сортов и гибридов томата на пригодность к механизированной уборке в условия Кировабад-Казахской зоны Азербайджана: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – М., 1982. – 15 с.
2. Бабаев А.Г. Физико-механические свойства плодов томата, пригодных для машинной уборки // Труды АЗНИИО. – 1987. – Т. IX. – С. 12-16.
3. Манянин С.А., Несмиянов И.А. Концепция линии ориентирования плодов томатов при подготовке их к резке // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – №111-4. – С. 235-237.
4. Патент №2822741 РФ. Многофункциональный стенд для исследования прочности плодов помидоров / И.А. Несмиянов, Н.С. Воробьева, А.В. Дяшкин, В.В. Дяшкин-Титов, А.Г. Иванов, С.Д. Фомин, С.А. Манянин. – Заявка №2024104970 от 27.02.2024; опубл. 12.07.2024, Бюл. №20.
5. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1988. – 640 с.

Сведения об авторах:

Манянин Сергей Афанасьевич – аспирант;

Несмиянов Иван Алексеевич – д.т.н., профессор кафедры механики.