

Орлов Борис Юрьевич

канд. техн. наук, доцент

Сидорук Евгений Александрович

магистрант

Трошин Олег Олегович

магистрант

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный

технологический университет»

г. Краснодар, Краснодарский край

**МЕТОД УДАРНОГО ИМПУЛЬСА ДЛЯ ТЕЛ
С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ УПРУГОСТИ
В ПРОИЗВОДСТВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

Аннотация: в статье проведено моделирование удара семянки о поверхность жидкости (вода), рассмотрено влияние скорости начального взаимодействия семянки и жидкости на гидродинамические давления, а также влияние воздушной прослойки между ядром и лузгой на величину максимальных гидродинамических давлений. Авторы приходят к выводу, что моделирование процесса удара семянки о поверхность жидкости позволяет установить зависимость гидродинамического давления от скорости взаимодействия.

Ключевые слова: обрушивание, удар, семянка, рушанка.

Совершенствование технологии ударного импульса, появляющегося при соударении двух тел, показывает, что значение механического воздействия зависит не только от их масс и скоростей до удара, но и от упругих свойств соударяющихся тел. Упругие тела после снятия нагрузки, отдавая накопленную энергию, мгновенно возвращаются в исходное состояние. Для упругих тел с замедленной деформацией характерно то, что при разгрузке деформация изменяется не мгновенно, а с запаздыванием, т.е. наблюдается упругое последействие. Эти свойства при ударе характеризуют величиной k , равной при прямом ударе тела

о неподвижную преграду отношению модуля скорости тела в конце удара к модулю скорости в начале удара.

Для прямого удара можно различать две стадии. В течение первой стадии скорости частиц семенной массы, равные в момент начала удара v (движение семени считаем поступательным), убывают до нуля. Семянка при этом деформируется и вся её начальная кинетическая энергия $mv^2/2$ переходит во внутреннюю потенциальную энергию деформированного тела. Во второй стадии удара семянка под действием внутренних сил (сил упругости) начинает восстанавливать свою форму; при этом её внутренняя потенциальная энергия переходит в кинетическую энергию движения частиц семенной массы. В конце удара скорости частиц будут равны u , а кинетическая энергия семени $mu^2/2$. Однако полностью механическая энергия семянки при этом не восстанавливается, так как часть ее уходит на сообщение семянке остаточных деформаций и её нагревание, поэтому скорость и будет меньше.

Использование пластичных материалов позволяет регулировать энергию удара в широких пределах. В качестве предельных случаев рассматривают случай абсолютно упругого удара ($k = 1$), при котором кинетическая энергия тела после удара полностью восстанавливается, и случай абсолютно неупругого удара ($k = 0$), когда удар заканчивается в первой стадии и вся кинетическая энергия тела теряется на его деформацию и нагревание.

Разработка новых видов технологического оборудования для производства низколузгового ядра масличных семян традиционно производится методом ударных нагрузок с соответствующей очисткой [1], подготовкой [2; 3], обрушиванием [4] и разделением полученной рушанки [5]. Достижение необходимого результата в большинстве случаев производится на основе математического моделирования как технологических цепочек производства конечного продукта [6], так и основных процессов [7]. Возможно применение и альтернативных методов отделения плодовой оболочки [8].

Согласно теореме Карно потеря кинетической энергии ΔT определяется соотношением:

2 <https://interactive-plus.ru>

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

$$\Delta T = \frac{1-k}{1+k} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot M_1 \cdot (v_1 - u)^2 + \frac{1}{2} \cdot M_2 \cdot (v_2 - u)^2 \right] \quad (1)$$

Учитывая тот факт, что ΔT связана с деформацией оболочки семян рассмотрим случай, определяемый формулой (1), для которого масса ударяемого тела (поверхность воды) много больше массы ударяющего (семянка). В этом случае вся кинетическая энергия расходуется на деформацию, определяемую прочностными свойствами оболочки семянки и реологией жидкости. Скорость падения семянки с учетом сопротивления воздуха определяется уравнением:

$$m \cdot \frac{dv(t)}{dt} = m \cdot g - C_x \cdot \frac{\rho_e \cdot v(t)}{2} \cdot S, \quad (2)$$

где m – масса, падающей семянки, g – ускорение свободного падения, C_x – коэффициент сопротивления, ρ_e – плотность воздуха, v – скорость, падающей семянки, S – площадь семянки в плане.

Используя прямое преобразование Лапласа и разрешая уравнение (2) относительно изображения, находим зависимость уравнение скорости удара о жидкую поверхность:

$$v(t) = \exp\left(\frac{S \cdot t \cdot \rho_e}{2 \cdot m}\right) \cdot v(0) + \frac{2 \cdot C_x}{S \cdot \rho_e} - \frac{2 \cdot m \cdot g}{S \cdot \rho_e} - \frac{C_x \cdot \exp\left(\frac{S \cdot t \cdot \rho_e}{2 \cdot m}\right)}{S \cdot \rho_e} + \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot \exp\left(\frac{S \cdot t \cdot \rho_e}{2 \cdot m}\right)}{S \cdot \rho_e} \quad (3)$$

Уравнение скорости (3) может быть использовано для расчета суммарного импульса сил давления P , действующего на семянку $P = m \cdot v$, где m – присоединенная масса, определяемая соотношением $m = m' / (\rho \cdot L^2)$. Для случая вертикального падения семянки в жидкость (вода), отношение присоединенной массы жидкости к массе семянки составляет 1,685.

Моделирование процесса удара семянки о поверхность жидкости позволило установить, что гидродинамические давления зависят от скорости взаимодействия. Влияние воздушной прослойки между ядром и лузгой существенно сказывается на величине максимальных давлений только на малых скоростях взаимодействия. При увеличении скоростей взаимодействия влияние воздушной прослойки уменьшается.

Список литературы

1. Орлов Б.Ю. Удаление сорных примесей в подготовительном отделении маслозавода / Б.Ю. Орлов // Вопросы образования и науки: теоретические и практические аспекты: Материалы Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 231–233.
2. Орлов Б.Ю. Подсушка плодовой оболочки масличных семян перед обрушиванием / Б.Ю. Орлов // Вопросы образования и науки: теоретические и практические аспекты: Материалы Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 214–216.
3. Орлов Б.Ю. Установка для подготовки масличных семян к обрушиванию: патент на полезную модель RUS 170621 08.06.2016 / Б.Ю. Орлов.
4. Орлов Б.Ю. Применение метода повторного удара при обрушивании масличных семян // Научные исследования и современное образование: Сборник материалов Международной научно-практической конференции / Б.Ю. Орлов; редакция: О.Н. Широков [и др.]. – 2017. – С. 186–187.
5. Орлов Б.Ю. Разделение продуктов обрушивания воздушными потоками // Научные исследования и современное образование: Сборник материалов Международной научно-практической конференции / Б.Ю. Орлов; редакция: О.Н. Широков [и др.]. – 2017. – С. 188–190.
6. Орлов Б.Ю. Построение алгоритма последовательности перестановок в исследованиях и работе оборудования маслодобывающих предприятий // Научные исследования и современное образование: Сборник материалов Международной научно-практической конференции / Б.Ю. Орлов; редакция: О.Н. Широков [и др.]. – 2017. – С. 183–185.
7. Орлов Б.Ю. Математическое моделирование и корреляционный анализ // Вопросы образования и науки: теоретические и практические аспекты: Материалы Международной научно-практической конференции / Б.Ю. Орлов. – 2017. – С. 229–231.
8. Патент SU 1465447 A1. – 1989. – Бюл. №10.