

О СВЯЗИ АКУСТИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИВЫХ УПРУГИХ ТЕЛ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ

Т. Л. САВЧУК

*Днепропетровский национальный университет
Физико-технический факультет
49010 г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 72
Тел. (056) 373-12-60 Fax: (056) 374 98 41, E-mail : gsokol@ukr.net*

Определена возможность осуществления губительного воздействия на тела личинок вредных насекомых акустическими полями. Составлена программа – методика для экспериментального определения жесткости и резонансной частоты тела личинки.

Визначено можливість здійснення згубної дії на тіла личинок шкідливих комах акустичними полями. Складено програму - методіку для експериментального визначення жорсткості і резонансної частоти тіла личинки.

The possibility of the implementation of the harmful effects through acoustic fields on the pests larvae body is picked. The program – a methodic for the experimental determination of the stiffness and resonant frequency of the larva made up.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время окружающая среда насыщена физическими полями различного характера, одним из видов которых является акустическое. Оно оказывает как позитивное, так и негативное влияние на биологические объекты. Особым случаем здесь является совпадение резонансных частот отдельных органов человека с некоторыми частотами акустических полей, что приводит, обычно, к негативному воздействию.

Положительное влияние акустических колебаний на организм человека и использование характеристик акустических полей при диагностике всё шире находят применение в современной медицине. Для терапевтических целей ультразвук применяется с частотой 800 кГц, его интенсивность около 1 Вт/см² и меньше. Первичными механизмами воздействия ультразвука на ткани живых органов в терапии являются механическое и тепловое действия [1]. Здесь применяются виброакустические колебания в диапазоне от 20Гц до 20000 Гц.

Известно, что для осуществления негативного акустического воздействия на тело насекомых необходимо знать массу, жесткость и резонансную частоту их тела. Разрыв тканей и биологическая смерть вредного насекомого при воздействии на него акустическими колебаниями должны свидетельствовать о том, что найдена резонансная частота тела. В литературе приводятся данные об экспериментальных исследованиях, позволяющих определить модуль упругости мышц лягушек, кроликов и других млекопитающих. Упругость обеспечивает возвращение в исходное положение частиц среды, смещенных под воздействием переменных внешних акустических нагрузок [2].

Жесткость тела вредного насекомого определяется расчетным путем после взвешивания тела и выявления резонансной частоты. При исследовании характеристик тел или органов, вызванных действием внешних механических возмущений в виде

акустических колебаний, тело следует рассматривать как систему из механических элементов, обладающих инерционными, упругими, демпфирующими и другими свойствами. В [3] определены частоты вибрационных и акустических колебаний, которые оказывают губительное влияние на тело вредителя растений колорадского жука. Показано, что основными факторами в определении резонансной частоты являются масса и жесткость тела или отдельного органа живого насекомого.

Целью настоящей работы является разработка методики для определения механических характеристик тела живой личинки насекомого с последующим моделированием воздействия на личинку акустического поля.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ



Рис. 1. Установка для силового воздействия на тело личинки.

Объектом испытаний являются личинки колорадского жука. Измерения параметров и характеристик проводились для каждой личинки индивидуально. Предварительно проводился внешний осмотр, который показал, что тело личинки оформилось до возрастного состояния, когда появились голова и ножки, и имеет овально-выпуклую форму, расширяющуюся от головы. Определен вес личинки, измерена длина, диаметр тела в максимальном сечении. Затем тело личинки было установлено в специальное приспособление (см. рис.1). Произведены нагружения сверху вниз тела личинки силами P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 .

Показания микрометра фиксировали изменения размеров тела под действием силы (укорочения, величину сжатия), которые были зафиксированы и занесены в журнал измерений и в протокол испытаний.

После силового воздействия проведен внешний осмотр личинки. Полученные данные дали возможность рассчитать модуль упругости и жесткость тела личинки, как однородного стержня.

Эксперименты проводились при следующих внешних условиях: температура воздуха 28°C , влажность 80%. Для измерений использованы следующие средства: индикатор часового типа ИЧ10 (цена деления 0,01 мм, допустимая погрешность $\pm 0,005$ мм. Диапазон измерения 0 - 10 мм), микрометр (цена деления 0,01 мм, диапазон измерения 0 - 25 мм), весы, штатив, штангенциркуль, линейка.

В таблицу 1 занесены показания измерений личинки колорадского жука при внешнем воздействии силами P . В таблице обозначено для тела личинки: G - вес; l - длина тела; d - диаметр максимального сечения; P - сила внешнего воздействия; Δl - абсолютное сжатие

Табл. 1. Показатели измерений

№	$G \times 10^{-6}$, кг	$l \times 10^{-3}$, м	$d \times 10^{-3}$, м	$P_1 = 20 \times 10^{-6}$, кг	$P_2 = 25 \times 10^{-6}$, кг	$P_3 = 30 \times 10^{-6}$, кг	$P_4 = 35 \times 10^{-6}$, кг	$P_5 = 40 \times 10^{-6}$, кг
				$\Delta l_1 \times 10^{-3}$, м	$\Delta l_2 \times 10^{-3}$, м	$\Delta l_3 \times 10^{-3}$, м	$\Delta l_4 \times 10^{-3}$, м	$\Delta l_5 \times 10^{-3}$, м
1	120	6,0	5,00	0,820	0,930	1,680	1,800	2,180
2	100	9,0	6,00	0,640	0,875	1,190	1,610	1,840
3	150	10,0	7,00	0,630	0,755	1,500	1,590	1,950
4	110	7,5	5,10	0,620	0,860	1,180	1,620	1,820
5	150	9,0	5,15	0,750	0,960	1,210	2,050	2,420

Табл. 2. Результаты расчета

№	Δl , м	C , Н/м	F , м ²	E , Па	f , Гц
1	2	3	4	5	6
1	0,00082	0,2393	0,0000196	60,96	7,1088
	0,00093	0,2636		67,17	7,4623
	0,00168	0,1752		44,63	6,0826
	0,0018	0,1907		48,59	6,3468
	0,00218	0,18		45,86	6,1658
2	0,00064	0,3066	0,0000283	65,09	8,8146
	0,000875	0,2802		59,50	8,4275
	0,00119	0,2473		52,51	7,9171
	0,00161	0,2132		45,27	7,3513
	0,00184	0,2133		45,28	7,3519
3	0,00063	0,3114	0,0000385	56,67	7,2540
	0,000755	0,3248		59,10	7,4077
	0,0015	0,1962		35,70	5,7577
	0,00159	0,2159		39,29	6,0399
	0,00195	0,2012		36,62	5,8310
4	0,00062	0,3164	0,0000204	79,07	8,5389
	0,00086	0,2851		71,24	8,1051
	0,00118	0,2494		62,32	7,5805
	0,00162	0,2119		52,95	6,9876
	0,00182	0,2156		53,87	7,0481
5	0,00075	0,2616	0,0000208	64,76	6,6484
	0,00096	0,2554		63,23	6,5693
	0,00121	0,2432		60,21	6,4106
	0,00205	0,1675		41,46	5,3193
	0,00242	0,1621		40,14	5,2342

Жесткость личинки колорадського жука определяется по формуле

$$C = \frac{P}{\Delta l}, \quad (1)$$

где P - сила действующая на личинку, Δl - абсолютное сжатие личинки.

$$\frac{P}{\Delta l} = \frac{EF}{d}, \quad (2)$$

где E - модуль продольной упругости, который характеризует жесткость материала, то есть сопротивление его упругим деформациям, рассчитывается по формуле

$$E = \frac{C \times d}{F}, \quad (3)$$

где d - диаметр максимального сечения тела личинки, F - площадь поперечного сечения личинки

$$F = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (4)$$

В таблицу 2 занесены результаты расчета жесткости, площади поперечного сечения и модуля продольной упругости личинки колорадского жука.

Разработанная методика позволила определить резонансную частоту тела личинки насекомого f .

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{m}} \quad (5)$$

где C – жесткость тела, f – резонансная частота, m – масса.

Резонансная частота f личинки рассчитана по формуле (5) на основе полученных значений жесткости C (см. столбец значений 3 в таблице 2) и представлена значениями в таблице 2 (столбец 6). Далее проведено моделирование воздействия акустической волной на тело личинки (см. рис. 2). Акустическое воздействие описывается уравнением плоской волны

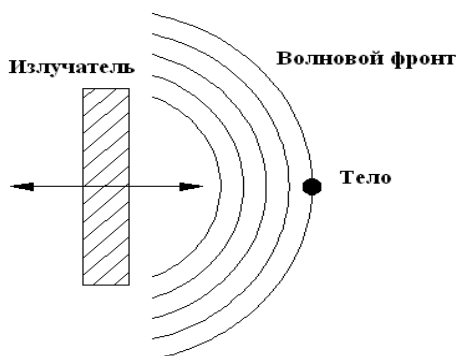


Рис. 2. Схема расположения живого тела в поле акустической волны

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = c_0^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}, \quad (6)$$

где p – звуковое давление, t – время, c_0 – скорость звука, x – координата.

Его решение для p имеет

$$p = p_m \sin \omega t, \quad (7)$$

где p_m – амплитудное значение звукового давления, ω – круговая частота.

Числовое значение p_m воздействия на тело в поле акустической волны может быть взято из данных табл.2, столбец 5.

ВЫВОДЫ

1. На основе изучения акустических и прочностных характеристик живых тел определено, что возможно осуществить губительное воздействие на тела личинок вредных насекомых акустическими полями. Для осуществления негативного

акустического воздействия на тела личинок насекомых необходимо знать массу, жесткость и резонансную частоту этих тел.

2. Разработана методика определения резонансной частоты личинок вредных насекомых. В основу исследований положено предположение, что форма тела личинки близка к форме однородного цилиндрического стержня.
3. Составлена программа – методика для экспериментального определения жесткости и резонансной частоты тела личинки. В программе представлены разделы: объект, место и порядок проведения испытаний. Согласно разработанной программе проведены нагружения тел личинок в специальных приспособлениях. Оформлен протокол. Обработка полученных данных позволила рассчитать модуль упругости и жесткость тела личинки, как однородного стержня.
4. Полученные значения резонансных частот лежат в пределах от 5,2342 до 8,8146 Гц. Эти данные позволили определить настройку частоты акустического излучения, предназначенного для уничтожения личинки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ремизов А. Н., Максина А. Г., Потапенко А. Я. Учебник по медицинской и биологической физике – М.: Дрофа, 2003. – 559 с.
2. Беляев, Н.М. Соппротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1980. – 758 с.
3. Сапожков, М. А. Электроакустика. – М.: Связь, 1978. – 272 с.