

ВЛИЯНИЕ ИНФРАЗВУКОВЫХ И НИЗКОЧАСТОТНЫХ ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Г.И. Сокол, канд.техн.наук, доцент

Днепропетровский национальный университет

Рассмотрено специфическое воздействие инфразвуковых и низкочастотных звуковых колебаний на живые организмы. Определены масса, резонансная частота и жесткость тела колорадского жука. В условиях лабораторного бокса зафиксирована гибель жука под действием акустических колебаний. Разработаны и запатентованы акустический способ уничтожения вредителей растений и устройство для его осуществления. Создан действующий макет устройства, который опробован в условиях дачного участка.

ВВЕДЕНИЕ

В научных трудах, опубликованных в последние десятилетия, например, в [1], освещено положительное и негативное влияние акустических полей на биологические объекты. Положительное их влияние на организм человека всё шире находит применение в современной медицине. Это тепловой эффект в ультразвуковой терапии, использование УЗИ для визуального исследования в диагностике, применение виброакустических колебаний для лечения заболеваний отдельных органов человека [2]. В.Т. Гринченко, И.В. Вовк, С.Л. Дахнов, В.В. Крыжановский, В.Н. Олийник, В.Г. Басовский, А.О. Борисюк опубликовали работы по изучению акустических свойств отдельных органов человека, в частности, органов дыхания [3 – 6], что является важным шагом вперед в диагностике человеческого организма.

Новым в проблеме изучения влияния акустических полей является исследование их действия на вредителей (грызуны, жуки, вредные насекомые) [7]. Известна работа Ю.Ш. Кошица, А.Г. Лейко, О.Ф. Омельченко, Ю.О. Федоренко [7], в которой изложена электронная концепция борьбы с грызунами. Для успешной борьбы посредством акустических полей с вредителями, например, насекомыми, необходимо знание резонансных частот их организмов или их отдельных органов.

Целью настоящей работы является систематизирование научных трудов по новой тематике: исследование действия инфразвука и низкочастотного звука на живые организмы, а также исследование воздействия низкочастотных акустических полей на отдельный вид вредителя растений.

1. ВОЗДЕЙСТВИЕ ИНФРАЗВУКА И НИЗКОЧАСТОТНОГО ЗВУКА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ.

Накоплен довольно большой опыт по выявлению признаков отрицательного воздействия инфразвука (ИЗ) с высоким уровнем интенсивности на живые организмы [см. 8]. Особенностью ИЗ волн является то, что они не воспринимаются органами слуха человека. Проводились различного рода исследования по выявлению влияния ИЗ на организмы людей. В одном из экспериментов [см. 8] воздействие осуществляли в обычной комнате на органы

слуха через наушники. Появилась головная боль, тошнота, головокружение. Эксперименты подтвердили потерю равновесия при действии ИЗ на организм. У И.А. Вартамян [9] отмечено, что низкочастотные (НЧ) волны могут вызывать сильную боль в ушах. Действие ИЗ сопровождается ощущением вращения, раскачивания, непроизвольным поворотом глазных яблок, чувством тревоги.

Обширные исследования источников ИЗ проводились в НИИ строительной физики (г. Москва), а исследования влияния ИЗ на человека – в Ленинградском санитарно-гигиеническом медицинском институте [см. 8] и НИИ гигиены труда и профзаболеваний (г. Москва) [10].

При воздействии ИЗ [10] возникают симптомы, проявляющиеся в виде вегетативных и психологических дискомфортных ощущений. Возникает сотрясение грудной клетки и брюшной полости, появляется состояние морской болезни. Снижается способность к умственной деятельности, появляется раздражительность, нарушение сна. Физиологи Уивер и Брей [см. 8] установили прямую связь между частотой звука, воздействующего на слуховой нерв человека, и частотой изменения биопотенциала этого нерва. Предполагается, что интенсивное воздействие ИЗ может вызвать угнетение нормальных ритмов (например, альфа – ритмов мозга). Психологические эффекты при действии на живые организмы звуком и ИЗ изучались экспериментально на глухих животных [см. 8]. L. Johnson Daniel [см. 8] считает, что ИЗ не оказывает существенного влияния на организм. Авторы работы [см. 8] отмечают, что алкоголь оказывает более сильное воздействие, чем ИЗ.

О. Окаі [см. 8] приводит данные об отрицательном влиянии ИЗ на миокард. Для выяснения полной картины влияния ИЗ – волн на живые организмы была проведена серия экспериментов над крысами, собаками, овцами [см. 8]. Частота колебаний составила 6 – 8 Гц. При повышении интенсивности воздействия сначала у животных появилось учащенное сердцебиение, а затем произошла остановка сердца. Вскрытие показало наличие разрыва кровяных сосудов.

В работах В.Т. Гринченко, И.В. Вовка, О.И. Вовк, В.В. Крижановского, А.О. Борисюка проведены модельные исследования шумов, генерируемых потоком воздуха в элементах дыхательных путей человека, изучены колебания в кровеносной системе [6 – 8]. Особенности колебаний стенок трахеи человека посвящена работа В.Г. Басовского, И.В. Вовка, О.И. Вовк [5]. Показано, что упругая стенка трахеи ведет себя подобно линии задержки. Вдоль нее в диапазоне частот, ниже 500 Гц, может распространяться упругая волна. Механизм формирования акустических свойств легочной парихемы в диапазоне частот 0-2000 Гц разработал В.Н. Олийнык [6]. Согласно данным, приведенным в [1], при частотах 1 - 3 Гц возможна кислородная недостаточность и в некоторых случаях удушье.

Сейчас известны собственные резонансные частоты колебаний органов человека [см. 8]. Голова: 20 - 30 Гц, глаза: 40 – 100 Гц, вестибулярный аппарат: 0,5 – 13 Гц, сердце: 4 – 6 Гц, позвоночник: 4 – 6 Гц, желудок: 2 – 3 Гц, кишечник: 2 – 4 Гц, почки: 6 – 8 Гц, руки: 2 – 5 Гц. Приведен экспериментальный анализ колебательных характеристик черепа человека.

Профессор В. Гавро полагает [см. 8], что наиболее опасны для человека ИЗ - волны частотой 4 – 8 Гц. Во время работы над новой конструкцией генератора ИЗ – волн сотрудники лаборатории научно – исследовательского центра в городе Марселе во Франции испытывали сильную вибрацию желудка, сердца, легких.

В 80–х годах нашего столетия разработаны и введены в действие «Гигиенические нормы инфразвука на рабочих местах» № 2274 – 80 Министерства здравоохранения СССР [см. 8]. Они устанавливают следующие предельно допустимые уровни звукового давления: 110 дБ Лин (с включенной коррекцией «линейно» шумомера) [10] по общему уровню, 105 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц и 102 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 31,5 Гц.

Имеются данные и о позитивном действии ИЗ на организмы людей. В офтальмологии применяли ИЗ с уровнем интенсивности до 170 дБ для массажа тканей глаза после операции. Массаж способствует заживлению тканей.

Согласно рекомендациям медиков, лица, поступающие на работу с оборудованием, генерирующим ИЗ, должны подвергаться предварительному и периодическим медицинским осмотрам [10]. Если у работников выявлены беспричинный страх, изменения в слуховой, вестибулярной, сердечно – сосудистой системах, то в цехе необходимо провести замеры уровней шума на ИЗ частотах. В случае обнаружения уровня ИЗ выше 100 дБ, принять меры по снижению уровня или ввести дополнительные перерывы.

В настоящее время ведется активный поиск всевозможных путей защиты от вредного воздействия ИЗ [см. 8]. После многочисленных дискуссий по проблеме борьбы с вредным действием ИЗ специалисты пришли к выводу, что [см. 8] в данном случае традиционные средства и меры борьбы малоэффективны или вообще непригодны. Определены основные направления работ по снижению уровней интенсивности ИЗ: ослабление в источнике, создание глушителей и звукопоглощающих материалов, создание индивидуальных средств защиты, медицинская профилактика [см.1, 6]. Но перспективы применения индивидуальных средств защиты от ИЗ весьма ограничены.

2. ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО ЗВУКОВОГО ПОЛЯ НА ОРГАНИЗМ ВРЕДИТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ

Описанные выше эффекты являются предпосылкой для создания акустического способа, оказывающего губительное действие на организмы вредных насекомых. По сравнению с известными механическими и биологическими, и другими акустический способ обеспечивает снижение трудоемкости работ по уничтожению вредного насекомого. Химические способы токсичны для организма человека. Акустический способ не оказывает токсичного действия.

Проведена [11-14] работа по исследованию воздействия акустических колебаний на вредное насекомое. Определено, что для разработки акустического способа уничтожения насекомого, необходимо иметь три основных величины: массу тела, жесткость и резонансную частоту тела.

В литературе приводятся данные об экспериментальных исследованиях, позволяющих определить массу m , жесткость k и резонансную частоту f воздействующих колебаний [12]. Очевидно, что разрыв тканей и биологическая смерть вредного насекомого при воздействии на него вибрационных колебаний должны свидетельствовать о том, что найдена резонансная частота тела f . Жесткость тела k вредного насекомого определяется расчетным путем после определения взвешиванием массы тела m и резонансной частоты тела f .

При исследовании вибрации всего тела вредного насекомого как биологического объекта или отдельных его 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. Условно выделяют конструкции в теле, состоящие из упругих биологических материалов (кости) и мягких материалов (мышцы, сосуды, легкие, сердце и т.п.).

Уравнение, описывающее движение вязкоупругой системы с массой m жесткостью k , является типичным уравнением колебаний вида:

$$\ddot{Y} + (c/m) \dot{Y} + (k/m) Y = a(t),$$

где c - коэффициент демпфирования, Y - деформация, a - заданное ускорение тела, t - время.

Поэтому развить способ разрыва тел, органов или тканей биологического объекта можно осуществить, применив к нему воздействие колебательного характера.

Резонансная частота f слабо демпфированной системы очень близка к:

$$f = 1/2\pi \sqrt{k/m}.$$

Экспериментальное определение жесткости и резонансной частоты тела в лаборатории проводились следующим образом. Предварительно каждое из испытуемых насекомых было взвешено с точностью $\pm 0,005$ грамма, маркировано красной краской. Каждое испытываемое насекомое находилось в марлевом мешочке, который крепился к столу вибростенда УВЭ-100/5-3000. После воздействия вибраций каждое насекомое было осмотрено и разложено по емкостям с другими, еще двумя, не подвергавшимися испытаниям, насекомыми. Горлышки емкостей завязывались марлевой тканью.

Испытанию в виде вибрационного воздействия подверглись 8 вредных насекомых массой $100 \div 200$ мг в помещении лабораторного бокса. Фиксированная частота воздействующих колебаний для отдельных насекомых задавалась последовательно в пределах частотного диапазона 500 до 2500 Гц. Продолжительность воздействия вибраций составляла примерно 2 минуты. Внешний осмотр насекомых показал, что биологическая смерть насекомого массой 100 мг зарегистрирована после воздействия на него вибраций с частотой 1500 Гц через 4 часа после прекращения воздействия вибрациями. Непосредственный осмотр этого насекомого сразу после воздействия вибраций показал, что все его органы движения были сильно травмированы. На основе этих данных рассчитана жесткость тела насекомого, величина ее составила: $k = 8,86 \cdot 10^3$ Н/м. (Прикидочный расчет величины жесткости печени человека дал величину $4 \cdot 10^3$ Н/м).

Для лабораторного опробования акустического метода уничтожения вредного насекомого использовался вибростенд УВЭ-100/5-3000 [12]. Масса вредных насекомых, подвергнутых воздействию акустическими волнами, составляла 100 – 120 мг. Время воздействия было ограничено 2 – 3,5 минутами. Воздействие проводилось на фиксированной частоте в диапазоне 900 – 1100 Гц. Насекомое подвешивалось в марлевом мешочке со стороны стола вибростенда на расстоянии от поверхности стола, равном 0,2 – 0,7 м. Уровень звукового давления измерялся микрофоном шумомера ИШВ – 1. Микрофон находился рядом с телом вредного насекомого. Зафиксированный микрофоном уровень звукового давления составил 95 – 120 дБ. Точность измерений составила 1дБ.

Осмотр вредных насекомых непосредственно после воздействия показал, что без признаков жизни было вредное насекомое массой 110 мг, подвешенное на расстоянии 0,2 м от стола вибростенда, подвергшееся воздействию акустических волн частотой 1000 Гц в течение 2 мин, уровень звукового давления составлял 120 дБ. Осмотр вредного насекомого через 6 часов показал, что действительно наступила биологическая смерть указанного вредного насекомого. Проведенный осмотр вредных насекомых через 24 часа выявил, что наступила биологическая смерть всех вредных насекомых, подвергшихся акустическим воздействиям. Полученные результаты подтвердили возможность уничтожения вредных насекомых акустическими волнами.

В настоящее время разработан и защищен патентом Украины акустический способ уничтожения вредного насекомого и устройство для его осуществления [13]. Акустический способ уничтожения колорадского жука заключается в механическом воздействии на тело и ткани органов жука звуковым давлением с последующим их разрывом. Способ заключается в механическом воздействии акустическими колебаниями с амплитудой звукового давления в воздухе, равной отношению силы разрыва соединительных тканей и органов жука к их площади сечения, и частотой, равной собственной частоте тела жука или собственной частоте одного из его жизненно важных органов, например, резонансной частоте легких или печени.

Устройство [13] содержит генератор сигналов и динамик. В устройстве установлен концентратор акустических волн в виде колпака с жесткими стенками. Размеры концентратора соответствуют высоте и диаметру куста картофеля. Концентратор накрывает куст картофеля и сидящих на нем вредных насекомых. Акустические волны действуют на тело и органы жука с силой избыточного давления. Это приводит к разрыву тканей тела жука или отдельных его органов и к гибели жука. Волны распространяются до поверхности почвы, действуют на насекомых, упавших на почву, и разрывают их ткани. Исключается ряд операций, а именно: стряхивания насекомых, сбор в специальные контейнеры. Акустические волны распространяются на поверхность почвы, убивая упавших с кустов картофеля жуков.

Проведено испытание воздействия акустическими волнами на вредных насекомых в полевых условиях дачного участка [14]. Анализирующий и вычислительный комплекс состоял из блока питания, микрофона и персонального компьютера. Все приборы запитывались от сети с напряжением 220В. Зафиксированный уровень звукового давления в процессе облучения насекомых составил не более 6Па, что соответствует уровню 110 дБ. Измеренная электрическая мощность оказалась в 3,5 раза меньше ожидаемой и составила 5Вт. Внешний осмотр вредных насекомых непосредственно после облучения акустическими волнами, а также через 2, 5, 12 часов показал, что все вредные насекомые остались живы. Следует отметить вялость вредных насекомых. Никакого влияния акустических волн на картофель не обнаружено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Согласно разработанным нормам при уровне звукового давления 100 дБ и выше следует ограничивать время пребывания людей в зоне распространения ИЗ волн.
2. Негативное воздействие акустических колебаний вполне возможно распространить на тела грызунов и вредителей растений. Поэтому разработаны новый акустический способ уничтожения вредителей и устройство для его осуществления.

3. Определены динамические характеристики тела вредителя растений – колорадского жука: масса, жесткость и резонансная частота.
4. Опробовано губительное действие акустических волн в лабораторных условиях на тело колорадского жука. Эффект гибели получен для насекомого массой 100 мг при воздействии на него частотой 1500 Гц с уровнем звукового давления 120 дБ. В условиях натуральных испытаний губительный эффект на тело вредителя растений не получен из-за малой мощности действующего макета излучателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Pimonov L.*: Les-infrasons. – PARIS: CNRS, 1976. – 277р.
2. Аппарат виброакустического воздействия «Витафон». Технический паспорт и рекомендации по применению. Рекомендован комиссией КНМТ Минздрава РФ, протокол № 5 от 16.05.1994г. Регистрационное удостоверение № 29–271/94.
3. *Вовк И.В., Гринченко В.Т., Дахнов С.Л., Крыжановский В.В., Олійник В.Н.* Шумы дыхания человека: объективизация аскультативных признаков // Акуст. Вісн. – 1999. – 2, N 3. – С. 11–32.
4. *Borisyuk A.O.* Modelling of the Acoustic Properties of the Larger Human Blood Vessel. // Акуст. Вісн. – 1998. - 1, N 3. - С. 3 - 13.
5. *Басовский В.Г., Вовк И.В., Вовк О.В.* Особенности колебаний стенок трахеи человека // Акуст. Вісн. – 2001. – 4, N 3. – С. 10–21.
6. *В.Н. Олійник.* О механизмах формирования акустических свойств легочной парихемы // Акуст. Вісн. – 2001. – 4, N 3. – С.53–66.
7. *Кошиць Ю.Ш., Лейко О.Г., Омельченко О.Ф., Федоренко Ю.О.* Електронна концепція боротьби з гризунами і захист об'єктів соціально – цивільної виробничої сфери при проектуванні і будівництві // Будівництво України. – 1999.- N 1. – С. 30–31.
8. *Сокол Г.И.* Особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне частот. – Днепропетровск: Промінь, 2000. – 136 с.
9. *Вартанян И.А.* Звук – слух – мозг. – Л.: Наука, 1981. – 176 с.
10. *Бринза В.Н., Подлевских М.Н., Слободяник Т.М.* Защита от инфразвука на предприятиях черной металлургии. – М.: Металлургия, 1992. – 65 с.
11. *Sokol A., Sokol G.* The Acoustic Method for the Destruction of the Colorado Beetle // GAMM 99, Annual Meeting (abstracts). - Metz: University de Metz. – 1999. – P.148.
12. *Дуплицева О.М., Летучая С.А., Московцев О.С., Сокол Г.И.* Определение жесткости и резонансной частоты тела колорадского жука // Друга Міжнар. конф. "Наука і освіта 99", (тези). - Дніпропетровськ: Наука і освіта. – 1999. – т.8. – С. 24.
13. *Сокол Г.И., Сокол А. В., Сокол Т.В.* Акустичний спосіб знищення колорадського жука і пристрій для його здійснення. // Патент на винахід № 25548 Україна, А01М ¼, 1 /08.- 1998.
14. *Сокол Г.И.* Разработка и исследование акустического способа уничтожения колорадского жука как элемент новой экологической технологии в методах борьбы с вредителями растений. // Четвертая традиц. Науч. – техн. конф. Стран СНГ "Процессы и оборудование экологических производств". – Волгоград, 1998. –С. 72–74.