

Е. К. ЕСЬКОВ

КОРРЕКЦИЯ ПЧЕЛАМИ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ДАЛЬНОСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗВУКОВЫХ ПОМЕХ

(Представлено академиком А. Н. Белозерским 22 III 1971)

Как известно, информацию о месте нахождения цели полета пчелы передают в процессе исполнения «танцев». Для передачи сообщения о расстоянии до цели полета пчелы используют амплитудно-модулированный звуковой сигнал, несущие частоты которого лежат в диапазоне 160—500 гц. В этом же диапазоне лежит максимум интенсивности звукового фона улья, представляющего совокупность всех звуков, издаваемых его обитателями ⁽¹⁾. Зная это, мы заинтересовались теми средствами, которые используют пчелы для обеспечения надежной связи. Предстояло выяснить, как влияют изменения гармонического состава и интенсивности составляющих звукового фона улья на характеристику сигнала дальности цели полета. При этом преследовалась двойная цель: 1) установить, имеют ли пчелы механизм частотной дискриминации и 2) выявить средства, используемые пчелами для обеспечения надежной акустической связи на фоне меняющихся помех. Поэтому поставленная задача интересна как для биологов, так и для специалистов, занимающихся совершенствованием помехоустойчивости и надежности средств связи.

Влияние помехи на сигнал дальности цели полета изучали посредством анализа одновременно записанных внутри улья сигнала и фона. Для этого звуки, издаваемые сигнальщиками, посещающими кормушки с сахарным сиропом на расстоянии 200 м от улья, записывали на магнитной ленте (магнитофон МЭЗ-28А, микрофон МК-5А). Микрофон находился над сигнальщицей, на расстоянии 8—12 мм над поверхностью ее крыльев и одновременно регистрировал звуки, не только пчелы-сигнальщицы, но и фон пчелиной семьи. Участки ленты с записью звуков сигнальщиц и фона в паузах между этими сигналами склеивали в кольца.

Акустический анализ заключался в снятии частотно-амплитудных (анализатор спектра частот АСЧХ-1) и динамических спектров с закольцованных фонограмм. Динамический спектральный анализ осуществляли с помощью семи полосопропускных фильтров типа LC, с максимумом пропускания на частотах 175 (I), 192 (II), 220 (III), 254 (IV), 307 (V), 352 (VI) и 490 гц (VII). Сигналы с фильтров одновременно регистрировались семью каналами светолучевого осциллографа Н-105. При этом восьмым каналом (0) регистрировался исходный неразложенный процесс.

Влияние посторонних звуковых помех на характеристику сигнала дальности изучали в процессе подачи искусственного фона — звуков, издаваемых громкоговорителем, расположенным на расстоянии 70—100 см от сигнальщицы. Сигнал на громкоговоритель подавался через низкочастотный усилитель с генератора ГЗ-3. Эти опыты проводились в акустически изолированной камере (изоляция к звукам частотой 150—300 гц не ниже 25 дБ).

Результаты частотно-амплитудного анализа показали, что интенсивность фоновых составляющих вблизи сигнальщицы (на расстоянии 8—12 мм от нее) обычно значительно ниже интенсивности составляющих сигнала. Так, в семьях, находящихся в нормальном состоянии, интенсивность

составляющих сигнала в диапазоне его первого пика (165—330 гц) превосходит по интенсивности фоновые составляющие на 15—18 дб ($C^* = 35\%$), а в диапазоне второго — на 3—6 дб ($C^* = 34\%$). Исключение составляют случаи, когда обитатели улья сильно возбуждаются, в результате чего интенсивность фона резко возрастает. В таких условиях интенсивность фоновых составляющих достигает интенсивности частотных компонент сигнала или незначительно отличается от них.

В зависимости от интенсивности стабильных фоновых составляющих пиковая интенсивность сигнала или перекрывает их, или смещается на соседние частоты. Пиковая интенсивность сигнала сосредоточивается в области максимально интенсивных составляющих фона в том случае, когда интенсивность сигнала значительно превосходит фоновую. В частности, когда пиковая интенсивность стабильных составляющих фона приходится на диапазон частот 220—315 гц, максимум интенсивности сигнала

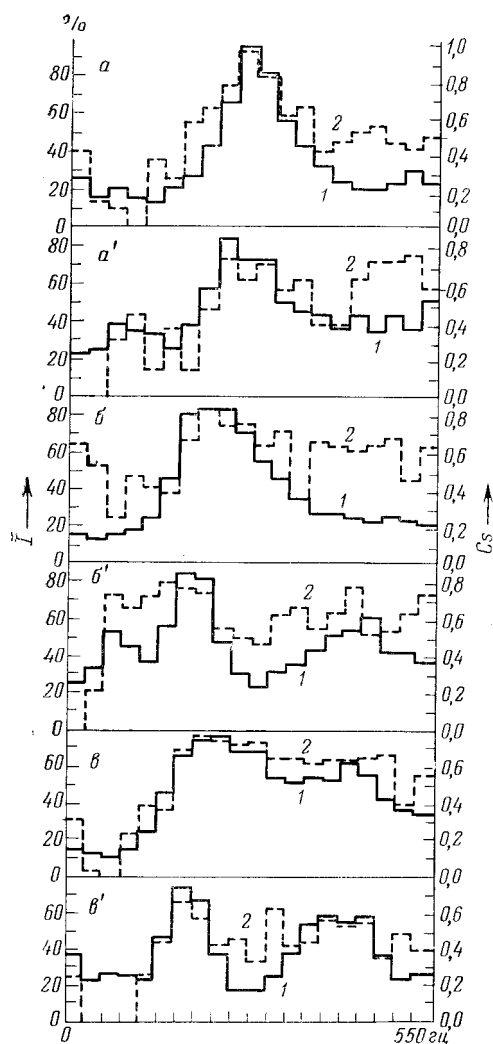


Рис. 1

Рис. 1. Нормированная интенсивность I (1) и коэффициент стабильности C_s (2) в спектрах сигнала дальности (а, б, в) и фона (а', б', в'). Спектры нормированы по максимально интенсивной составляющей

Рис. 2. Смещение пиковых составляющих сигнала дальности с области низких (а) на область высоких частот (б) под влиянием звуковых помех. Интенсивные составляющие помех помечены треугольниками

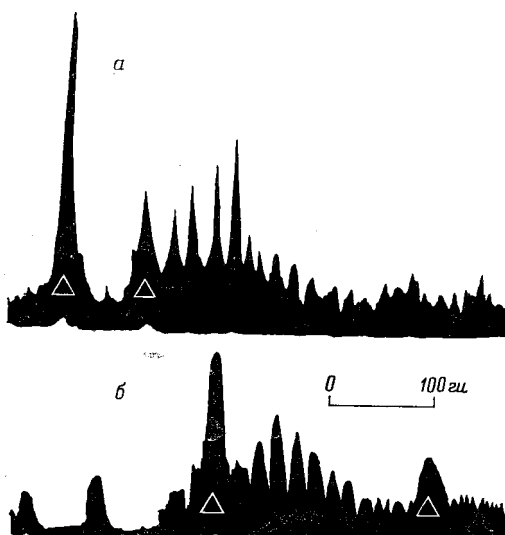


Рис. 2

нала сосредоточивается в этой же области. При этом в спектре сигнала четко выделяется второй пик на частотах 450—500 гц, отличающийся по интенсивности от низкочастотного на 10—1,5 дб (рис. 1а, а'). В соответствии со смещением диапазона максимальных по интенсивности фоновых составляющих на частоты 165—220 гц максимум интенсивности сигнала смещается на 165—275 гц. Спектр сигнала в этом случае не имеет четко выра-

* C — коэффициент вариации.

женного пика интенсивности в области высоких частот (рис. 1б, б'). Максимум интенсивности сигнала сосредоточивается в области, наиболее свободной от влияния интенсивных фоновых помех (рис. 2), лишь в тех случаях, когда интенсивность фоновых составляющих приближается к интенсивности частотных компонент сигнала. Здесь спектр сигнала существенно расширяется, перекрывая диапазоны первого и второго пика интенсивности фоновых составляющих (рис. 1в, в'; 3Б). Такая ситуация создается, например, в период возбуждения, предшествующего слету пчелиной семьи.

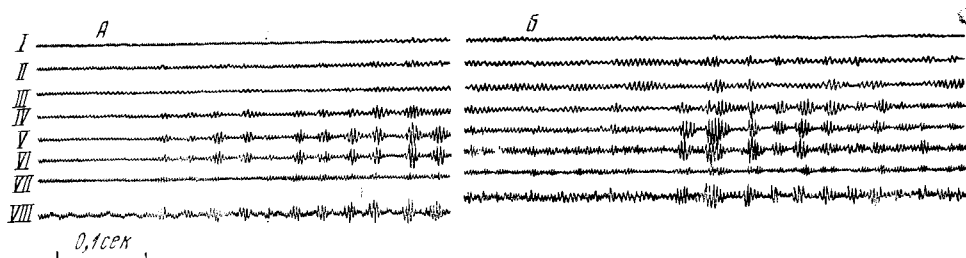


Рис. 3. Динамический спектр сигнала дальности на фоне слабых (А) и интенсивных (Б) звуков, издаваемых пчелиной семьей

Смещение спектра сигнала на область, свободную от действия помех, происходит также под влиянием интенсивных искусственно генерируемых звуков (рис. 3).

В процессе анализа динамических спектров установлено, что фон в узких полосах, выделяемых фильтрами, носит пульсирующий характер. При этом частота пульсации в низкочастотном диапазоне (выделяемом фильтром с максимумом пропускания на частоте около 300 гц) составляет $33,6 \pm \pm 0,3$ ($C = 16\%$), а в высокочастотном (максимум прозрачности фильтра на частоте около 500 гц) $51 \pm 0,3$ гц ($C = 12\%$). Сигнал при амплитудно-временной развертке представляется серией импульсов, следующих с частотой $32 \pm 0,2$ гц ($C = 14,4\%$). Анализом узких полос сигнала выявлено удвоение частоты амплитудной модуляции $1,6\%$ (доверительная вероятность для уклонения $+2,4 \div 1,6\% - 0,997$) импульсов низкочастотного (фильтр на 300 гц) и $74 \pm 10\%$ (доверительная вероятность уклонения $\pm 10\% - 0,997$) — высокочастотного (фильтр на 500 гц) диапазонов (рис. 3). Это указывает на наличие синхронизации пульсаций несущих частот сигнала и фона.

Следовательно, частотная характеристика и динамический спектр сигнала дальности определяются частотно-амплитудно-временной характеристикой фона. Подстройка пиковых составляющих сигнала к несущим и модулирующим фоновым частотам способствует повышению его помехоустойчивости. Коррекция частотной характеристики сигнала под влиянием звуков, на фоне которых осуществляется эта сигнализация, указывает на наличие у пчел механизма частотной дискриминации. Этим подтверждаются выводы, основанные на данных электрофизиологического анализа, о способности фоторецепторов насекомых к частотной дискриминации (²⁻⁶).

Автор благодарит Г. А. Мазохина-Поршнякова за советы в процессе выполнения работы.

Научно-исследовательский институт
пчеловодства
г. Рыбное Рязанской обл.

Поступило
20 III 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. К. Еськов, Звуковая сигнализация медоносных пчел, Вестник, № 19, 1970, стр. 80. ² А. В. Попов, Журн. эволюцион. физиол. и биохим., 1, 239 (1965). ³ G. A. Horridge, Nature, 185, 623 (1960). ⁴ G. A. Horridge, Proc. Roy. Soc., 959, 218 (1961). ⁵ J. Katsuki, N. Suga, Proc. Japan Acad., 34, 633 (1960). ⁶ K. Janagisawa, T. Naschimoto, J. Katsuki, J. Insect. Physiol., 13, 635 (1967).