

Л. И. ФРАНЦЕВИЧ, П. А. МОКРУШОВ

ОРИЕНТАЦИЯ ПЧЕЛ ПРИ СТРОБОСКОПИЧЕСКОМ ПРЕДЪЯВЛЕНИИ ФИГУР

(Представлено академиком В. И. Черниговским 1 XII 1969)

Способность насекомых различать форму предметов обычно связывают с тем, что они рассматривают их в движении. Мы попытались обучить пчел различать изображения, неподвижные относительно сетчатки. Для этого фигуры высвечивались на экране при помощи редких импульсных вспышек длительностью меньше 0,5 мсек. Пчелу можно обучить садиться на фигуру, постоянно подогреваемую лампой накаливания, за 3—5 прилетов и различать две фигуры после 10—20 прилетов. Однако мы не только не смогли выработать у пчел различения двух вспыхивающих фигур, но нам не удалось даже добиться посадки на одиночную вспыхивающую фигуру. Поэтому мы провели опыты, выясняющие способность пчелы обнаружить фигуру, предъявляемую при редких стробоскопических подсветах.

Методика. Пчелу приучали залетать в затемненную комнату и посещать столик, на который выкладывались стекла, обернутые папиросной бумагой. Бумага служила матовым экраном. Снизу на нее проектировали изображение венчика цветка диаметром 2—4 см. После посадки на светящуюся фигуру пчела получала каплю сиропа. После каждого прилета лист бумаги заменяли свежим, а столик поворачивали. В качестве импульсного осветителя служила лампа ИФК-120 с обычной схемой запуска, питаемая от конденсатора емкостью 80—100 мф. Контакт в цепи поджига закорачивался электромагнитным реле. Частота вспышек была не более 15 сек⁻¹. Для постоянного освещения использовался яркий луч диапроектора. Луч мог прерываться obtюратором. Частота и длительность засветов зависела от расположения прорезей obtюратора. Фоновая освещенность на поверхности столика в солнечный день составляла 40 лк. При постоянном под свете фигура была в 27 раз ярче фона.

В другой серии опытов пчела входила из улья в Y-образный лабиринт. Торцы боковых коридорчиков освещались лампами накаливания или импульсными лампами через цветные светофильтры. При правильном выборе пчела получала доступ к капле сиропа.

Результаты. Различение нарисованных на бумаге или постоянно подсвеченных фигур (например, венчик и круг) не представляет для пчелы трудной задачи. Так, в одном из опытов пчела 19 раз из 22 прилетов выбрала положительную фигуру (венчик). Приученная получать каплю сиропа на постоянно освещенной фигуре, пчела каждый раз садится непосредственно на фигуру. При импульсных подсветах с частотой до 15 сек⁻¹ посадка пчелы на фигуру невозможна. Для облегчения ориентирования посредине двух экранов были нанесены контурные рамки, и фигура высвечивалась только в одной из них. При постоянном под свете пчелы 61 раз из 66 посадок (4 пчелы) сели в рамку с фигурой. При импульсном под свете с частотой 8 сек⁻¹ пчелы выбрали рамку с фигурой 31 раз из 74 посадок (42%; 95%-е доверительные границы 51—31%).

В лабиринте пчелы за 6—8 повторений научаются различать без ошибок два цветных светофильтра при постоянном освещении или ходить в единственный освещенный коридорчик. При импульсном освещении

с частотой от 1 до 15 сек⁻¹ выбор едва отличается от случайного (табл. 1). До момента выбора при частоте вспышек 1 сек⁻¹ пчела успевает увидеть в среднем 5,5 вспышек.

При предъявлении фигуры, подсвечиваемой 5 раз в секунду, пчела почти безошибочно садится на фигуру, если длительность подсвета превышает 100 мсек. (рис. 1). При уменьшении длительности подсвета точность

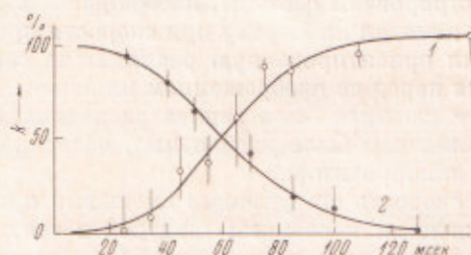


Рис. 1. Доля верных посадок (k) при изменении длительности подсвета (1, частота 5 сек.⁻¹) или темнового интервала (2, длительность подсвета 25 мсек.) показаны 95%-е доверительные границы

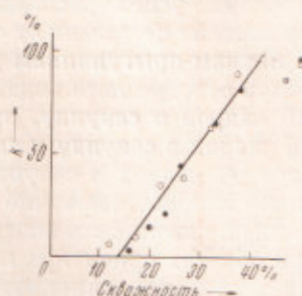


Рис. 2. Зависимость точности посадки (k) на вспыхивающую фигуру от скважности импульсов подсвета

посадок снижается (учтено 362 посадки). При 50%-й скважности импульсов подсвета пчела садится на мелькающую фигуру так же уверенно, как и на постоянно освещенную, при частоте вспышек от 100 до 20 сек⁻¹. При постоянной длительности подсвета 25 мсек. и при частоте от 20 до 5 сек⁻¹ с увеличением длительности интервала между вспышками точность посадки ухудшается (рис. 1, учтено 502 посадки).

Можно показать, что нарушение точности посадки происходит не за счет уменьшения суммарной световой энергии, излучаемой изображением:

I — частота подцветов 5 сек⁻¹: при длительности подцветов 25 мсек. в 10 прилетах пчела ни разу не села на фигуру, а при длительности

100 мсек. 10 раз в 10 прилетах. Чтобы скомпенсировать увеличение длительности освещения во втором опыте, осветитель закрыли четырехкратным нейтральным светофильтром; при экспозиции 100 мсек. пчела в 12 прилетах совершила 10 верных посадок. Этот вариант не отличается от второго (критерий χ^2), но существенно отличается от первого ($P_0 < 1\%$).

II — длительность подсвета 25 мсек.:

количество точных посадок в 20 прилетах при длительности пауз между подцветами 85 мсек. (общее время освещения 23%) составило 7; при паузах 25 мсек. (общее время освещения 50%) — точных посадок 16; при 25 мсек. + двухкратный нейтральный фильтр — тоже 16. Разница между первым и третьим опытом существенная ($P_0 < 5\%$).

Привлечение к ориентиру включает опознание ориентира и управление движением к нему. Для последней операции необходима информация о положении или перемещении ориентира относительно курса движения. Данные опытов показывают, что качество управления ухудшается при уменьшении доли времени, занятой полезным сигналом. Количество верных посадок линейно убывает при уменьшении скважности импульсов подсвета

Таблица 1
Ориентация пчел в лабиринте при импульсном освещении

Частота вспышек, сек. ⁻¹	Число посещения	Число верных выборов	Доля верных выборов, %	95%-е доверительные границы, %
1	110	62	56	47—63
2	79	37	47	37—56
4	20	14	70	49—86
8	22	10	45	29—67
10	49	33	67	54—78
15	58	36	62	52—74

ниже 40% (рис. 2). Следует отметить, что пчела, даже если не в состоянии сесть точно на фигуру, несомненно, видит и узнает ее: она часто пролетает над ней и садится дальше; если она случайно приползает на вспыхивающее поле, она остается и ищет корм на нем. Ухудшение качества посадки происходит из-за потери возможности непрерывно управлять движением.

Вероятно, успех распознавания ориентира и управления движением к нему зависит не только от скважности сигнала. В опытах Брока и Шмидта (1) паукам-прыгунчикам демонстрировали фильмы, изображавшие мух или самок собственного вида. Паук нападал на жертву при скорости проекции 16 кадров в секунду, проявлял ориентировочную реакцию на самку при 26 кадрах в секунду и танцевал перед ее изображением на экране при скорости 60 кадров в секунду. Чем сложнее была задача распознавания, тем более плавное слежение за движением было необходимо, несмотря на постоянную скважность подсвета в кинопроекторе.

При облетах ориентира пчелой скорость его углового смещения в поле зрения насекомого измеряется десятками и сотнями градусов в секунду. В сравнении с посадкой летящей пчелы на ориентир задача выбора при пешем передвижении в лабиринте кажется более простой. Странно, что при импульсном освещении эта задача для пчелы неразрешима. Пчела видит импульсную вспышку, так как в ответ на вспышку электронной фотопламы у пчелы можно зарегистрировать и э.р.г., и разряды интернейронов зрительной доли. Можно предположить, что для управления собственным движением и выработки команд поворотов насекомому необходимо воспринимать не только координату события в поле зрения, но и движение ориентира. При относительно редких импульсных подсветах на темном фоне сигнал о движении изображения может не возникать.

Авторы искренне признательны М. М. Бонгарду за полезное обсуждение работы и ценные критические замечания.

Институт зоологии
Академии наук УССР
Киев

Поступило
17 XI 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 F. Brock, G. Schmidt. Verhandl. XI Intern. Kongr. Entomol., 1, 675 (1960)