

Джон Харви Конвей родился в Ливерпуле 26 декабря 1937 года

# Джон Конвей и его «Жизнь»

Бесконечно долго можно смотреть на три вещи: текущую воду, горящий огонь и кривую женщину. Несколько позже к указанной триаде добавилось звездное небо. Пожалуй, в этот список следовало бы включить также и наблюдение за эволюцией фигур в игре «Жизнь», созданной Джоном Конвеем.

**П**ервая статья — «Жизнь, которую придумал Конвей» — появилась в 5-м номере «Сиб» еще в 2014 году. Сейчас же мы хотим представить игру в ее развитии и эволюции. Ведь с момента появления «Жизни» прошло уже почти полвека. За это время появились новые результаты — в неисчислимом количестве, были исследованы другие правила клеточных автоматов, приводящие к иным результатам, чем традиционная «Жизнь». Более того, предприняты попытки использования в качестве исходных базовых фигур комбинаций из десятичных арабских цифр. Найдены различные агары — фигуры, которые максимально плотно занимают игровое поле, а иногда даже являются периодическими образованиями. Что уж говорить о сонме найденных движущихся объектов, различных «ружей», стреляющих «планерами» и «космическими кораблями». Появились даже настоящие спаринговые игры, в основе которых заложены правила «Жизни». Каждый игрок в процессе поединка может вносить в конфигурацию фишек определенные изменения, которые должны обеспечить его преимущества перед соперником.

Интернет содержит огромные информационные массивы по игре «Жизнь». Большинство из них представлены на английском языке. Тем не менее, благодаря известному энтузиасту игры и жизнелюбу Николаю Белюченко, многие статьи переведены им на русский язык и представлены на сайте автора — [beluch.ru](http://beluch.ru).

Поскольку в одной статье обо всем рассказать невозможно, редакция планирует цикл небольших публикаций на заданную тему.

## «Жизнь» во всей красе

Чем же так необычна эта игра? Прежде всего — это гениальный продукт чистого человеческого разума во всей своей красе. Изучая клеточные автоматы, английский математик Джон Конвей наткнулся на удивительное свойство одной из их разновидностей. По правилам функционирования автомата любая клетка поля могла

находиться в одном из двух состояний — «активном» или «пассивном». Определенное расположение активных элементов на поле вызывало появление на следующем шаге эволюции новых ячеек — в соответствии с правилами работы клеточного автомата. Другими словами, неактивные ячейки прекращались в активные и тем самым становились визуально наблюдаемы. Но и некоторые активные, в соответствии с правилами, могли исчезнуть с поля, прекратившись в «пассивные».



Конвей играет в «Жизнь» в 1974 году

Игровая интерпретация функционирования клеточного автомата превратила активные ячейки в видимые на игровом поле «фишки», появление и исчезновение которых составляет суть игры. Визуально процесс работы Конвеевского автомата легко имитировался на обычном листе бумаги, расчерченном на клетки, либо на поле для игры в Го. Правда, к тому времени уже существовали компьютеры, на которых можно было выполнить моделирование игры. И хотя работа на ЭВМ тогда четко регламентировалась, тем не менее, энтузиасты сумели выкроить время, разработать программу (правила игры ведь не слишком сложные) и запустить ее на выполнение. Если бы не компьютеры, никто не смог бы гарантировать тот невероятный успех, который прибрела «Жизнь», появившись внезапно в нужное время, и что немаловажно — в нужном месте.

А именно — в среде математиков, программистов и энтузиастов. Это была эпоха 70-х годов XX века — бурный период расцвета хиппи и рок-н-ролла.



Джон Конвей в своем офисе в Принстонском университете в 1993 году

Известный популяризатор науки Мартин Гарднер донес открытие, сделанное Конвеем, до широкой общественности, детально изложил его суть и основные на тот момент полученные результаты в колонке журнала *Scientific American*, посвященной математическим играм — (Martin Gardner, The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game «life», *Scientific American*, — Vol. 223. — № 4, October 1970). К слову, этих двух людей в дальнейшем связывали самые тесные дружеские отношения, переписка и личные встречи.

Игра Джона Конвея «Жизнь» вовсе не относится к реликтам древности, как могут невзначай подумать представители нынешнего «поколения сматрфонов». Игра возникла в 70-е годы прошлого века, и «поколение пепси» все еще хорошо помнит первые публикации о ней в журнале «Наука и жизнь» (**№8, 1971 г., №8, 1972 г.**). Для некоторых она стала серьезным увлечением на многие годы. Однако следующих публикаций по игре «Жизнь» не последовало. И это несмотря на ошеломительный ее успех среди программистов, студентов и энтузиастов в западных странах. Вероятно, в СССР соответствующие структуры, курирующие научно-популярные издания (а их было очень много), решили, что дальнейшие статьи на эту тему больше не нужны — советская молодежь должна не в игры играть, а заниматься строительством коммунизма.

Это уже была эпоха «дорогого Леонида Ильича» — начало достаточно длительного процесса застоя. Полная и окончательная победа социализма, достигнутая к моменту проведения XXI съезда КПСС (1959 г.), постепенно переходила в фазу «развитого социализма», «малой земли» и малого культа личности. Трудно поверить в то, что отказ от дальнейших публикаций приняла редколлегия самого журнала по своей инициативе.

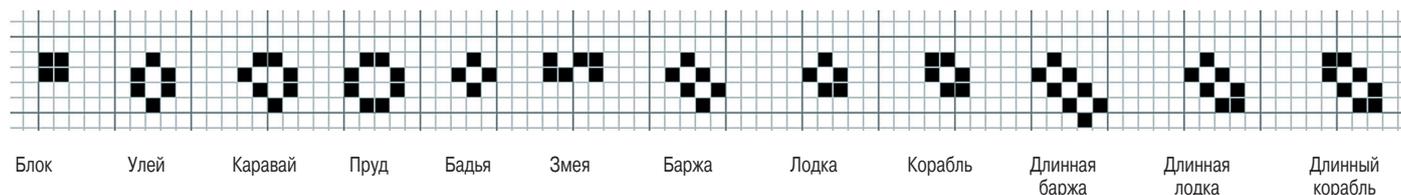
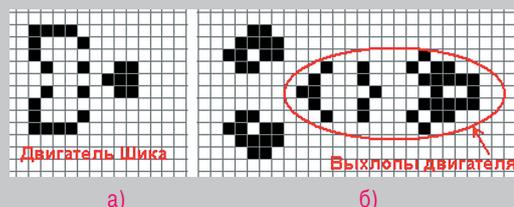


Рис. 1. Некоторые стационарные фигуры Жизни, наиболее часто появляющиеся на игровом поле

## ТАГАЛОНГИ

Еще одно направление в создании новых космических кораблей — поиск тагалонгов. Это некие объекты, следующее позади одного или более космических кораблей и нуждающиеся в них, чтобы выжить. Сами по себе такие объекты неустойчивы, но если их «прикрепить» к одному или нескольким космическим кораблям, то они могут двигаться вместе, как единое целое. В принципе, тагалонг вместе с его основным кораблем можно рассматривать в качестве **сверхбольшого космического корабля**.

Один из первых тагалонгов был найден Паулем Шиком в 1972 году. Он так и называется — двигатель Шика.



Двигатель Шика (а), состоящий из двух малых космических кораблей (МКК) и связанной с ними фигуры в их хвосте; движение МКК сопровождается «выхлопами» двигателя (б)

Движение спаренных МКК при этом сопровождается как бы «выхлопами» двигателя, причем сами выхлопы быстро разлагаются, не превышая в длину 16 ячеек. Двигатель Шика является фигурой, перемещающейся ортогонально вслед за парой МКК со скоростью  $c/2$ , такой же, как и у самих космических кораблей-прототипов.

## Все когда-то начинается

Народ ждал, коммунисты строили, в 70-е годы было торжественно объявлено, что страна вошла в фазу развитого социализма, за которой должен был последовать долгожданный коммунизм.

Собственно, в «Жизни» поначалу завораживает именно сам динамический процесс изменений на игровом поле. Процесс «игры» начинается с первичной расстановки фишек в соответствии с неким шаблоном (паттерном) и запуска процесса жизни «на выполнение». Дальше изменить в процессе уже ничего нельзя — остается наблюдать и анализировать результаты.

Каждая фигура (объект), которые размещаются на игровом поле, должна пройти законченный цикл своей эволюции, превратившись в конечном счете либо в набор каких-то стационарных (**рис. 1**) или периодических объектов, испустить какое-то количество диагонально перемещающихся «планеров», либо вообще исчезнуть, оставив поле пустым. Но это еще не все варианты. В процессе эволюции спонтанным путем могут возникать также объекты, называемые «**космическими кораблями**». Они

были обнаружены очень давно, на первых этапах исследования «Жизни». Всего существует три типа «космических кораблей» — малый (МКК), средний (СКК) и тяжелый (ТКК). Они перемещаются по игровому полю в ортогональных направлениях (по горизонтали или вертикали), в отличие от «планера», который движется по диагонали. Максимально возможная скорость перемещения объектов на игровом поле — одна ячейка за один шаг эволюции — обозначается буквой  $c$  (это как бы аналог скорости света в физике). Скорость движения «космических кораблей» на игровом поле составляет  $c/2$ , то есть, за четыре такта преобразований они смещаются на поле на две позиции. Часто такие объекты появляются при исследовании других конфигураций или случайным образом. Еще одной особенностью космических кораблей является зеркальное преобразование, которое корабль осуществляет в процессе своей эволюции. При длине цикла в четыре хода через два шага (полупериод) мы получаем такой же корабль, но являющийся зеркальным отражением исходного (рис. 2).

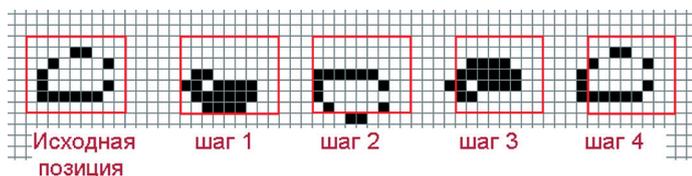


Рис. 2. Зеркальное отражение «тяжелого космического корабля» (ТКК) в ходе эволюции на 2-м шаге; корабль за четыре итерации возвращается к исходной форме, но смещается при этом на две ячейки влево

## Корабли

Создание «кораблей» больших размеров столкнулось с неустойчивостью таких объектов. Решить задачу удалось, окружив такие сверхтяжелые «космические корабли» (СТКК) флотилией сопровождения (рис. 3) — небольшими объектами, призванными обеспечить стабильность существования этих образований. Без дополнительного окружения такие конструкции быстро разрушаются.

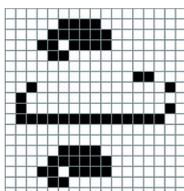


Рис. 3. «Сверхтяжелый космический корабль», сопровождаемый двумя «тяжелыми космическими кораблями»

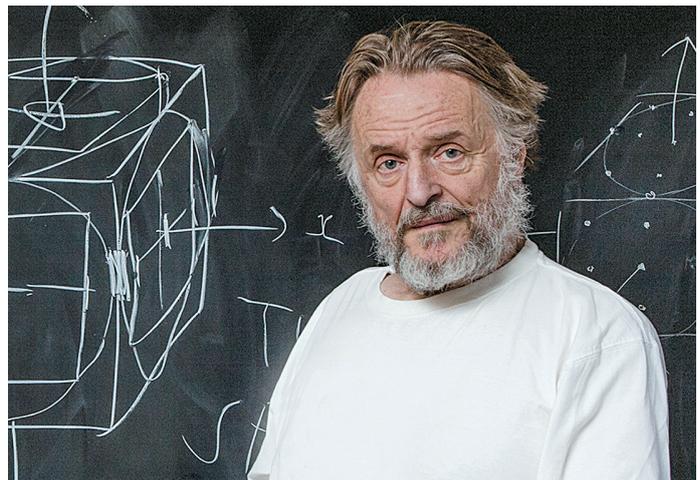
Скорость у представленного на рис. 3 корабля —  $c/2$ , период — 4. Двигается он таким же образом, как и его малые собратья (МКК, СКК и ТКК), отражаясь зеркально через каждые два шага. В целом же задача создания сверхдлинных кораблей с флотилиями решается практически для любой заданной длины корабля.

Поскольку СТКК создаются как результат комбинации известных ранее объектов, они не признаются самостоятельными фигурами и воспринимаются скорее как составные. Вплоть до 1989 года не были известны другие объекты, которые бы двигались ортогонально — практически за 20 лет, прошедших с момента появления «Жизни», никто из исследователей не смог на них натолкнуться, поскольку

они никогда не возникали в результате случайных спонтанных преобразований. Но вот, наконец, за дело с серьезной задачей взялись программисты, которые разработали специальные поисковые алгоритмы, позволяющие методом перебора синтезировать другие, ранее неизвестные, движущиеся ортогонально корабли.

Но и этот поиск ограничивался достаточно узкой областью, так как необходимо было рассматривать огромное число вариантов. Реальным оказался поиск космических кораблей, имеющих период не более пяти — для больших значений время поиска превысило бы всякие разумные пределы. Но и в этом случае существовали довольно жесткие ограничения либо на длину корабля, либо на его ширину. Поэтому программы поиска находили, в основном, только либо широкие и короткие корабли, либо длинные и узкие.

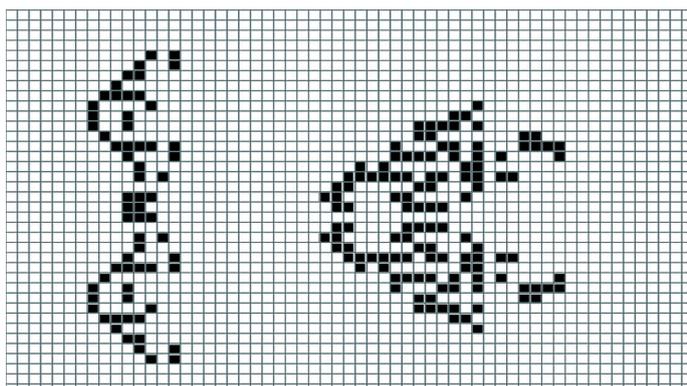
Все эти аргументы представил Дэвид Белл в статье 1992 года «Космические корабли в Жизни Конвея». Это были времена DOS и Windows 3.1, а также ПК выпускались на базе процессоров Intel 80486. Возможно, тогда действительно существовали определенные вычислительные проблемы.



Джон Конвей — профессор математики Принстонского университета (США), автор многочисленных научных трудов, изобретатель множества математических игр и головоломок

Тем не менее использование поисковых программ позволило не только добиться положительного результата, но и подметить некоторые особенности структуры таких образований. Выделение некоторых повторяющихся в разных «кораблях» частей (компонентов) и правил их соединения в единый «корабль» позволило строить новые «космические корабли» путем сочетания различных составных частей, как из кубиков. При этом стало возможным создание объектов неограниченной длины и ширины. Такие «корабли» никогда бы не обнаружила никакая программа.

Первые «космические корабли» периода 2 были найдены Динотом Хикерсоном 28 июля 1989 года благодаря написанной им программе. Эти объекты были первыми примерами нового класса «космических кораблей». Хикерсон не мог затем вспомнить, какой именно объект был найден первым, но показанный ниже на рис. 4 был в числе таковых, и это — наименьший известный «космический корабль» периода 2.



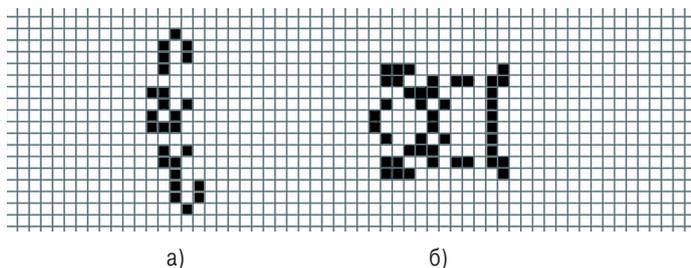
**Рис. 4.** Наименьший известный космический корабль периода 2 (скорость  $c/2$ )

**Рис. 5.** Первый длинный космический корабль периода 2 (скорость  $c/2$ )

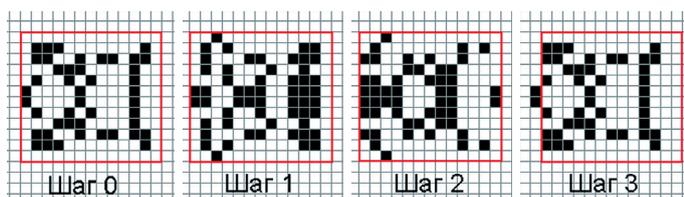
После обнаружения первого корабля периода 2 Дин Хикерсон выявил «грамматику», позволяющую строить неограниченное число различных космических кораблей периода 2. Грамматика — это некий набор («алфавит») «компонентов» вместе с правилами для формирования последовательных связей между компонентами. Компоненты — просто различные элементы, которые вновь появляются много раз в различных кораблях в различных комбинациях. Так, вышеупомянутый космический корабль (рис. 4) содержит три компонента.

В первые недели работы Хикерсон пытался найти тонкие длинные корабли. И хотя это оказалось очень непросто, но первый результат был все же получен (рис. 5).

Вскоре работы переключились на поиске кораблей периода 3, перемещавшихся со скоростью  $c/3$ . Первый полученный результат представлен на рис. 6а. Для такого типа объектов также была разработана соответствующая грамматика, позволившая строить корабли любого размера. Желание построить длинные и тонкие космические корабли привели к нахождению объекта, получившего название «черепаха» (рис. 6б, 7).



**Рис. 6.** Первый найденный космический корабль (а) периода 3 и скоростью перемещения  $c/3$ ; объект «черепаха» (б) имеет такие же характеристики

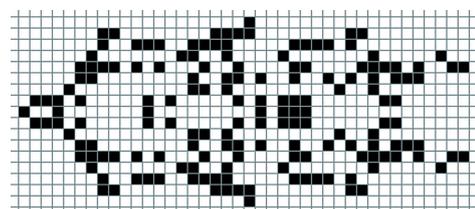


**Рис. 7.** Трансформация космического корабля «черепаха»; объект перемещается справа налево

Разработанная программа поиска позволила также найти «космические корабли» периода 4, перемещающиеся ортогонально со скоростями  $c/2$  и  $c/4$ , а также корабль, движущийся по диагонали. Последний также был найден Дином Хикерсоном в декабре 1989 года.

Причем для кораблей с периодом 4 не удалось обнаружить никакой «грамматики», что не позволило найти простые способы создания новых фигур с заданными свойствами.

Дальнейшая работа по поиску «космических кораблей» с периодом 4 и скоростью  $c/4$  была выполнена Хартмутом Хольцвартом. Одним из первых его достижений был синтез корабля вытянутой конструкции с двумя опорами (рис. 8). Хольцварт использовал модифицированную программу поиска с более высоким быстродействием и новыми возможностями.



**Рис. 8.** Космический корабль с периодом 4 и скоростью  $c/4$ , разработки Хартмута Хольцварта; он имеет вытянутую конструкцию и две посадочные опоры или дюзы

В упомянутой выше статье Дэвида Бэла кораблям с периодом 4 уделяется много внимания. Детально рассматривается процесс прикрепления к таким конструкциям различных тагалонгов (см. врезку «**Тагалонги**»), что в конечном итоге позволило разработать методику построения подобных конструкций больших размеров. В указанной публикации рассмотрены также методы дальнейшего наращивания размеров космических кораблей, увеличения их периода, а также использования стандартных космических кораблей (МКК, СКК и ТКК) на различных этапах синтеза. В данном случае представлены не только конечные результаты, но и методология их получения. За время, прошедшее с момента написания статьи, были получены новые результаты по синтезу космических кораблей различных размеров. А интересы жизнелюбов значительно расширились.

Следует отметить, что Джон Конвей придумав «Жизнь» и поработав некоторое время над ее изучением, двинулся дальше — ведь он был математик и поэтому различные игры рассматривал с позиций профессионала. Но игрой увлеклось огромное число последователей, которые и получили основной массив результатов. Время ставило новые задачи перед исследователями «Жизни», компьютерная техника также развивалась бурными темпами, позволяя использовать открывающиеся возможности для поиска новых объектов «Жизни» с новыми свойствами.

С течением времени «жизнетворчество», по крайней мере, в каких-то отдельных направлениях, постепенно превратилось в область, интересную и понятную лишь профессионалам. По аналогии с превращением «начальной математики» в «высшую» и простых «революционеров» в «профессиональных».

Подготовил Владимир СКЛЯР, **СИБ**