

Иван Высоцкий

ПРИКЛЮЧЕНИЯ СТАСА

Продолжение. Начало в № 3, 4



3 января. Вечер.

СТАС УЗНАЁТ, ЧТО ТАКОЕ ПРИНЦИП ЕДИНИЧНОГО ОТКАЗА

Решение о поездке на Кипр было принято. Летят папа и Стас. Мама и Патрик остаются вдвоём, чему оба, кажется, не сказанно рады. Вечером накануне вылета Стас был немного задумчивым. Папа, как всегда, был сильно задумчивым, поэтому маме пришлось несколько раз повторить призывы к ужину, пока эти призывы не сложились в осмысленные образы в мозгах обоих мужчин.

– Жаль, я не смогу отвезти вас в аэропорт. – Мама Лена села за стол, обеспечив всех своими фирменными котлетами со спагетти.

– Ну и ладно, – заявил папа, отправляя в рот очередную порцию, – доедем на аэроэкспрессе. Без пробок. А как же ты с машиной справишься?

– Да уж как-нибудь справлюсь.

Стас не сомневался, что мама справится. После ноябрьской поездки в ветклинику он считал, что если Люк Бессон не пригласил маму сниматься в «Такси», то это проблемы Бессона. Но с чем именно мама должна справиться? Стас влез в разговор:

– А что с машиной?

– Отказал тормозной контур. Эвакуатор заказан на завтрашний вечер, а мы будем уже на Кипре.

Стас задумался. Контур – это линия вокруг рисунка. Причём здесь тормоза?

– Пап, а что за контур в тормозах?

– Тормозной контур – это трубки, по которым жидкость поступает к тормозным механизмам колёс. Один из контуров разгерметизировался, и жидкость вытекла.

– Но мы же вчера доехали, и ты затормозил.

– Затормозил, конечно, ведь второй контур работает.

– Значит, есть запасной контур?

– Он не запасной. Контуров два – по одному на два колеса, они дублируют друг друга.

– А бывает в машине один контур?

– Помнишь дедушкину «Волгу»? Там был один контур. Никаких хитростей – педаль, цилиндр, от него четыре трубки на колёса и всё. Теперь всё сложнее. – Папа вздохнул, наверно, тоскуя по простым вещам ушедшей эпохи.

– А два контура – это чтобы увеличить надёжность тормозной системы? – Стас решил блеснуть догадливостью.

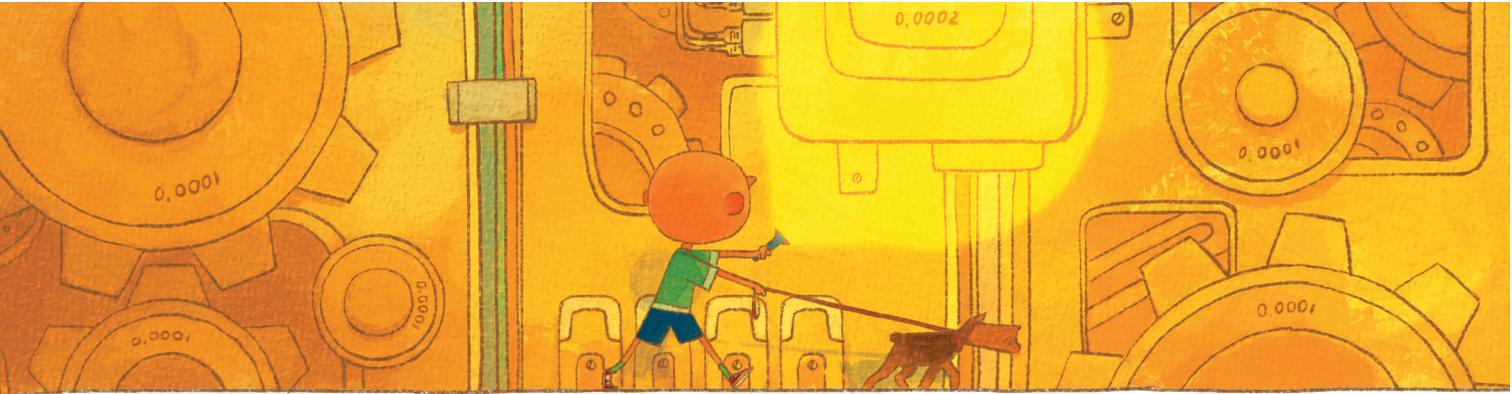
– Не совсем так. – Папа расправился с макаронами и отложил вилку. – Видишь ли, чем сложнее механизм, чем больше деталей, тем надёжность ниже. Так что два контура делают систему чуть менее надёжной, чем один.

Стас был поражён, впрочем, не один он – мама тоже смотрела на Лёшу непонимающе, и даже Патрик склонил голову набок, что у эрдельтерьеров означает удивление.

– А зачем же два, если два хуже, чем один? – выдавил Стас.

– Почему хуже? Лучше. – Папа явно был доволен произведённым эффектом. – Что такое надёжность? Это вероятность исправности всей системы. Но гораздо важнее малая вероятность полного отказа. А два независимых контура вместе с надёжностью понижают ещё и вероятность полного отказа.

– Как это? – Стас недоумевал. – Надёжность уменьшается, вероятность отказа тоже уменьшается? Я ничего не понимаю.



Простая идея о запасном тормозе превращалась в головоломку. К тому же папа сказал «видишь ли». Известно, что если папа начинает со слов «видишь ли», есть шанс свихнуться.

– Предположим, – продолжал папа, – что при нажатии на тормоз вероятность отказа одного из тормозных контуров равна одной десятитысячной.

– Откуда ты знаешь?

– Ниоткуда. Просто предположим для определённости. Пусть у какой-то машины это так.

– Хорошо, пусть, – Стас согласился, чтобы у чьей-то чужой машины это было так. В знак согласия дотянулся до ручки, валявшейся на подоконнике, и написал на салфетке: $p = 0,0001$.

– Тогда, если контур один, вероятность отказа тормозов как раз $0,0001$. А какова надёжность, то есть вероятность безотказной работы?

– Надо вычесть из единицы. Будет $0,9999$.

– Хорошо. А что будет, если контуров два? Чему теперь равна вероятность полного отказа?

Стас подумал и на всякий случай спросил:

– А полный отказ – это когда оба контура отказали?

– Да.

– А контуры работают независимо друг от друга?

– Именно независимо. В этом всё дело.

– Значит, отказ одного не меняет вероятности отказа другого. Вероятность отказа одного равна $0,0001$, тогда вероятность отказа двух сразу

$$0,0001 \cdot 0,0001 = 0,00000001,$$

то есть... в среднем один отказ на сто миллионов торможений. Да за всю жизнь столько раз педаль не нажмёшь.

– Теперь понимаешь?

– Но это всё равно ведь не наверняка.

– А наверняка не бывает. В жизни многие задачи нельзя решить наверняка. Но часто теория вероятностей позволяет решить их почти наверняка. Вероятность одна стомиллионная достаточно мала, чтобы таким событием пренебречь, считая его на практике невозможным.

Стас некоторое время молча жевал и наблюдал, как Патрик обеими ноздрями втягивает в себя восхитительный аромат котлет со сковородки. Стас вообразил, что ноздря у Патрика – это нюхательный контур, который может отказывать в среднем один раз на тысячу котлет. Тогда обе ноздри отказывают в среднем один раз на миллион котлет, то есть примерно... Но мама нарушила ход выкладки, потому что проследила за Стасовым взглядом:

– Та-ак, собаки поджимают хвост и быстро покидают кухню.

Стаса смешила форма маминых приказов. Он называл это констатацией несвершившегося факта. Патрик называл



это иначе, но перечить не смел. Кроме того, ему льстило обращение во множественном числе. Так что Патрик, представляя всех наличествующих собак, покинул кухню. Сделав круг в прихожей, он тут же вернулся и занял прежнюю позицию: «Всё в порядке, хозяйка. Приказ выполнен». Тем временем Стас поймал ускользнувший было обрывок мысли.

– Пап, а почему ты сказал, что надёжность уменьшается?

Папа вздохнул и отложил нечитанный шведский детектив, поняв, что сын всерьёз вцепился в тему.

– Посчитай. Чему равна надёжность первого контура?

– Девять тысяч девятьсот девяносто девять десятитысячных. – Стас записал числом: $1 - p = 0,9999$.

– А второго?

– Такая же.

– А какова надёжность всей системы? То есть вероятность того, что оба контура работают исправно?

– Тоже нужно умножить:

$$(1 - p)^2 = 0,9999^2;$$

ой – я так не могу. Сейчас.

Стас вскочил и побежал к компьютеру, преодолев запоздалое сопротивление мамы: «Куда побежал? Доешь сперва...» Патрик решил, что началась весёлая игра, и побежал следом. Через минуту оба влетели обратно.

– Теперь надёжность стала $0,99980001$.

– Единичку в конце отбросим, – милостиво разрешил папа. – Получается $0,9998$. Видишь, надёжность стала меньше на $0,0001$.

– Так это же пустяк!

– Конечно, пустяк. Крохотная потеря надёжности, а зато вероятность полного отказа стала ничтожной.

Стас для верности посчитал, сколько процентов надёжности потеряно:

$$\frac{0,0001}{0,9999} \cdot 100\% \approx 0,01\%$$

и на сколько процентов стала меньше вероятность полного отказа тормозов:

$$\frac{0,0001 - 0,00000001}{0,0001} \cdot 100\% \approx 99,99\%.$$

Выходит, надёжность упала всего на $0,01\%$, а вероятность полного отказа тормозов снизилась на $99,99\%$. Здорово. Получается, что дублированная система ломается чуть чаще, чем простая, но зато в тысячи раз реже отказывает совсем.

Стас немного помолчал.

– А можно добиться, чтобы тормоза стопроцентно не отказали?

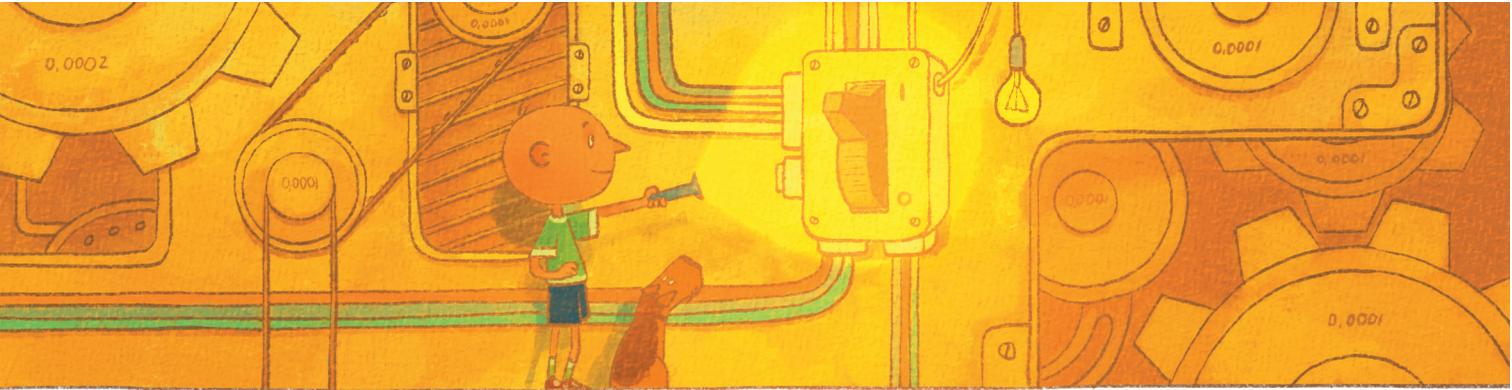
– Можно.

– Как?

– Не ездить. Не ломается только то, что не работает.

– Понятно. Я такое уже слышал – не ошибается только тот, кто ничего не делает. Нам Лидия Павловна так говорит и тут же двойку ставит.

– Верно. Но учти, народная мудрость не освобождает от ответственности



за ошибки. То же самое с тормозами. Если тормоза сломались – виноват только ты: нарушил принцип единичного отказа.

– Какой принцип?

– Важный принцип. В атомной энергетике его называют принципом единичного отказа. Он заключается в том, что важная система должна продолжать работать, если у нее откажет одна любая часть или деталь. Значит, в случае отказа одной детали всю систему нужно немедленно заменить или отремонтировать.

– Целиком всю?

– Да, всю. Нужно вернуть систему в исходное состояние. Пользоваться нельзя – теперь вероятность полного отказа стала слишком велика.

Стас помолчал.

– А что ещё в машине дублировано?

– Стоп-сигналы, сигналы поворота, в общем, всё, что важно для безопасности.

– А мотор бывает дублирован?

– Отказ мотора обычно неопасен. Остановишься – и всё... А вот в пассажирских самолётах дублируют двигатели обязательно, ведь там отказ двигателей страшнее, чем в автомобиле отказ тормозов. И пилот тоже обязательно дублирован вторым пилотом.

– А бывает, что дублируют не один раз, а несколько?

– Да, только это называется уже не дублированием, а резервированием. Чем ответственнее система, тем больше раз

она резервирована. Например, на атомных электростанциях важные системы резервированы несколько раз.

– Всё дублировано-резервировано, а всё равно бывают аварии.

– Во-первых, не всё можно предусмотреть. Жизнь полна неожиданностей. А во-вторых, люди иногда забывают про правила – ведь все вероятностные расчёты хороши, если соблюдать правила. Например, нужно ремонтировать отказавший тормозной контур, не дожидаясь, пока откажет второй, – кстати, это может случиться скоро, потому что нагрузка на него вырастет. Главная система безопасности у человека в голове.

Стас медленно допивал чай, размышляя о принципе единичного отказа и о том, что у него в комнате в люстре одна лампочка уже давно перегорела. Мама убирала со стола, папа вертел в руках детектив, но на всякий случай не открывал его, не будучи уверен, что поток вопросов иссяк, Патрик лежал, стараясь занять как можно больше места, и мечтал, что на него наступят, пожалеют и дадут котлетку.

Стас сказал маме спасибо за ужин и задумчиво пошёл в свою комнату. Но, едва переступив порог кухни, сделал такой же круг по прихожей, как раньше Патрик, вернулся и полез в ящик кухонного стола, где лежали разные нужные вещи. Достал оттуда новую лампочку и снова пошёл к себе, бормоча что-то про люстру и про исходное состояние системы.