История № 36. Какая голова лучше вертится?

Эта, как мне кажется, поучительная история, произошла 17 лет назад. Я тогда работал на ЛОМО, руководил Бюро ФСА (функционально-стоимостного анализа). Бюро это в то время состояло всего из одного человека – меня, и его деятельность на предприятии никому не была нужна. Точнее совсем не нужна была ни генеральному директору, ни руководству ЦКБ. А поскольку все мы знаем откуда начинается порча…

Не буду вдаваться в мало интересные читателю детали, но волею судеб я взялся, таки, за анализ выпускаемых нашим предприятием гибких эндоскопов. Проблема состояла в том, что, хотя и технология их производства, и оборудование за много лет до описываемых событий были куплены у японской фирмы «Olympus», где наши специалисты в течении месяца проходили стажировку, качество все равно, скажем мягко, оставляло желать лучшего. Даже целое КБ, обеспечивающее конструкторскую поддержку их производства, не спасало.

А поучительна эта история тем, что содержит не просто описание процесса решения задачи (быть может и не самое лучшее в силу своей сложности), но и пример функционального развертывания в рамках зарождавшегося тогда Функционально-системного подхода (ФСП). Мне удалось не просто предложить решение одной из основных проблем этих устройств, но и путь радикального совершенствования конструкции без, заметьте, существенного ее усложнения.

И хотя эти мои предложения мало кого заинтересовали, ведь их реализация потребовала бы не просто сопровождать производство, а начать разработку фактически новой, более совершенной модели, а никто в те времена к этому готов нет был (да и исходили эти предложения «со стороны»), я все же решил рассказать про них. Сделать это только теперь. Я и совсем забыл бы про эту историю, если бы недавно не встретился с молодыми, и в силу этого активными сотрудниками ЛОМО, готовыми, по их словам, свернуть горы. Иначе она окончательно бы канула в лету.

Начал я свою деятельность по улучшению эндоскопов с того, то как и положено в ФСП пошел «по потоку»… их производства. В самом деле, кто же лучше самих сотрудников, находящихся, как говорят в Японии, в «гембе», знает суть дела.

От КБ я никаких полезных советов, понятно дело, не получил – все что могли придумать и сделать они уже сделали. Кое-что предложили технологи. Но больше всего идей я собрал в цехе, где рабочие эти эндоскопы собирали. Сведенных вместе на одном листе их набралось 47 штук: организационных, технологических и требующих участия конструкторов. Впрочем, все они не решали основной проблемы – частых дефектов так называемого дистального конца, находящейся внутри него «раковой шейки» эндоскопа.

Теперь, чтобы было понятно, о чем идет речь, придется рассказать, что представлял собой эндоскоп? Внутри длинного пластмассового тубуса (1,8 метра), своего рода шланга, расположены три световых «канала»: один из регулярно уложенных световолоконных нитей, передающих «наверх» изображение, сформированное небольшим объективом (его диаметр составлял 1,2 мм), и два других (для обеспечения равномерности освещения) из таких же нитей, только уложенных (для дешевизны) нерегулярно, по которым внутрь желудка и кишечника передавался свет. Там же проходил инструментальный канал, через который подавались инструменты. А по сторонам в своих каналах шли еще четыре тяги – тросы, позволявшие поворачивать ту самую «раковую шейку» с объективами (на осветительных каналах объективы тоже были), чтобы там, внутри нашего тела, можно было осматриваться по сторонам.

Как это часто (если не всегда) бывает с хорошо отработанной (еще японцами) конструкцией, лишних деталей в этой самой раковой шейке не только не было, но и каждая из них была почти что доведена до совершенства. А вот сам принцип управления ей – с помощью тросов, вызвал у меня недовольство. Они в целом удовлетворительно выполняли свои, вспомогательные с точки зрения ФСП функции, вот только часто выходили из строя. Да и места занимали много. В общем был смысл попробовать их свернуть. Как-то некрасиво они выглядели.

В голове невольно возник образ человека, нет, лучше представить себе большого человекообразного робота, к каждой движущейся части которого из центра идут тросы, осуществляющие управление ими. Т.е. нечто такое допотопное, сплошь механическое.

Не удивительно, что свои функции эти самые тросы в эндоскопе выполняли… вот именно, так себе. Часто рвались. И мне захотелось предложить что-то более современное. Заменить все эти тросы, а быть может и саму «раковую шейку» чем-то более изящным и надежным.

Чтобы решить эту задачу – обеспечить нормальный уровень выполнения функции «изгибать (с известными параметрами) дистальный конец тубуса гибкого эндоскопа» нужен подходящий ресурс, нечто весьма подвижное. Ну скажем, воздух.

Т.е. можно было бы, например, заменить механические тросы пневматикой, сделав дистальный конец также не механическим, а пластиковым или резиновым, с продолговатыми (вытянутыми в направлении тубуса) ячейками – пустотами куда и подавать (или выкачивать) воздух. Наверняка работало бы лучше. По крайней мере надежнее.

Или взять электрическое поле. Что может быть сильнее сил электрического притяжения или отталкивания. Именно за счет них работают и наши мышцы. Естественно возникло желание использовать тот же проверенный эволюцией принцип организации движения и в наших приборах. Задача состоит лишь в том, как организовать долговременное локальное хранение энергии, необходимой для обеспечения движения конкретной части эндоскопа – головки дистального конца без АТФ. Носителем нужного нам ресурса в этом случае могли бы быть, скажем, электреты.

Известны вещества с постоянным электрическим зарядом – электреты, которые способны сохранять постоянное напряжение (на самом деле до нескольких сотен вольт) десятилетиями. Они даже тогда, 17 лет назад, уже довольно широко применялись в медицине. Например, полимедел, благотворное действие которого на сосуды подтверждено многочисленными исследованиями. Широко используются электреты также в стоматологии, травматологии и ортопедии, челюстно-лицевой хирургии, общей и кардиохирургии, эндопротезировании и др.

Таким образом, некоторое количество электретных цилиндров (толщиной порядка 0,3 - 0,5 мм), вклеенных под оболочку дистального конца эндоскопа с одинаковой ориентаций, могут обеспечить достаточное усилие для его удержания в прямом положении. Изгиб в этом случае можно осуществлять не за счет передачи с помощью троса механического усилия от руки врача (через рычаг на проксимальной части прибора), а (по аналогии с мышцей) за счет подачи напряжения (порядка нескольких вольт), на ограниченное количество микропроводников, подсоединенных к концам каждого вклеенного под оболочку электретного цилиндра или просто электропроводных цилиндров, чередующихся с электретными. Примерно так

Внутреннее пространство "раковой шейки"

"Раковая шейка"

Оболочка

Электретные "цилиндры" (пластины) вклееенные под оболочку

Ориентировочно – 1 мм

≈ 4-5 мм

Управляющий микроповодник

Предварительные расчеты показывали, что предложенная схема может обеспечить поворот головки дистального конца длиной 41 мм на 180о и больше (в зависимости от возможностей "раковой шейки" от которой в этом случае можно вообще отказаться) с радиусом около 11 мм. Сила отталкивания отдельных электретных вставок друг от друга может находиться в пределах от 100 до 500 г. Положительные эффекты здесь очевидны:

- значительно упрощается конструкция эндоскопа, что не может не сказаться на повышении эксплуатационных характеристик, в частности его надежности;

- устраняется сама возможность выхода из строя эндоскопа по причине растяжения или обрыва тросов (ввиду отсутствия таковых);

- уменьшается его диаметр;

- облегчается управление положением дистального конца (снижение усилий на рукоятках);

Конечно, внедрение данного предложения потребовало бы определенных трудозатрат. Ведь это по сути равносильно созданию нового прибора. И получив категорический отказ от участия в этой работе хоть кого-то из конструкторов (у них и без этого хлопот хватало), подбор материалов и дальнейшие расчеты я делать не стал. Но нам сейчас ведь интересен процесс получения идеи решения, а не пример ее реализации.

Однако, перейдем к самому интересному – обещанному функциональному развертыванию без добавления каких-либо новых компонентов системы.

Но сначала еще раз отмечу, что толщина эндоскопа – это весьма существенный его параметр. Чем он тоньше, тем проще с ним работать врачу, тем легче глотать его пациенту. Можно ли как-то уменьшить его диаметр?

Можно, если убрать один из осветительных жгутов. Свернуть его, если говорить в терминах ФСА. В самом деле, не много ли в одном эндоскопе жгутов, каждый из которых всего лишь проводит свет? А чтобы сохранить равномерность освещения, передать его функции регулярному жгуту, передающему наверх изображение.

Как в этом случае совмещать в одном жгуте функции освещения и передачи изображение? Просто разделив их во времени, с частотой, скажем 1/26 секунды (как в кино).

Но тогда уже само собой напрашивается то самое функциональное развертывание – сделать оставшийся осветительный жгут тоже регулярным. Что дает существенный функциональный выигрыш – два информационных жгута, и они же два осветительных, просто работающих в противофазе с заданной частотой, позволяют получить не моно- , а стереоизображение на выходе эндоскопа. Приведу рисунок, сделанный мной еще тогда, 17 лет назад.

Схематическое изображение такого эндоскопа приведено на рис .1.

1. Гибкий стереоскопический световой эндоскоп

5. Проксимальная (находящаяся снаружи) часть прибора

2. Вводимая часть эндоскопа (гибкая)

8. Окуляры

**А**

6. оптический переключатель

4. объективы

**<**

**<**

**>**

**>**

7. нерегулярный оптоволоконный жгут

3б. регулярный

световолоконный жгут

3а. регулярный

световолоконный жгут

**Б**

от осветителя

(нерегулярный световолоконный жгут

Рис. 1.

Вот, собственно, и вся история. Понятно, что эти идеи так никого и не заинтересовали. Вот и использую их всего лишь для демонстрации возможностей алгоритма ФСП.