

РАЗВИТИЕ РАСХОДОМЕРОВ

1979 г.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Введение	2
1. Что называют расходомером	4
2. Статика	6
3. Кинематика	10
4. Динамика	15
5. Выводы	21
6. О других системах	22
Приложение	24
Литература	25

ВВЕДЕНИЕ

Теория решения изобретательских задач опирается на объективные законы развития технических систем. В работе (лит.1) описываются некоторые из них. Все эти закономерности выявлялись на основе изучения изобретений высокого уровня. Так как таких изобретений сравнительно мало, то подборка необходимого числа изобретений для выявления той или иной закономерности должна была охватывать не одну, а несколько технических систем. Для изучения же развития одной технической системы необходимо обращаться к изобретениям самого низкого уровня, составляющих основную массу всех изобретений.

Известны работы, в которых исследуется и прогнозируется развитие той или иной технической системы на основе патентных материалов (лит.4-8). Но они либо вообще не опираются на законы развития техники, либо используют их в зачаточном состоянии. Это в свою очередь не позволяет выявить глубокие связи между изобретениями на одну и ту же техническую систему.

Приведем два примера.

Пример 1. А.с.104975. Электрокинетический расходомер для полярных жидкостей строго постоянных концентраций и природы самой жидкости, заключающий в своей конструкции пористую перегородку, установленную в отрезок трубопровода, металлические электроды, плотно прижатые к поверхностям пористой перегородки, и индикатор с высокоомным входом, отличающийся тем, что с целью получения меньших гидравлических сопротивлений при протекании жидкости через расходомер, пористая перегородка снабжена отверстием, расположенным соосно с трубопроводом.

Пример 2. А.с.224826. Датчик расхода электропроводящих жидкостей, содержащий мерный участок трубопровода, систему возбуждения и измерительную систему, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности, магнитопроводы измерительной системы выполнены замкнутыми, проходят через втулки в мерном участке трубопровода и расположены как в центральной, так и в краевых зонах вторичного магнитного потока.

С одной стороны оба этих изобретения низкого уровня, т.к. не решают противоречия. Это затрудняет применение ТРИЗа для их анализа.

С другой стороны эти изобретения, относящиеся к одной технической системе, не только не выявляют какую-то закономерность в ее развитии, но и противоречат друг другу. В первом из них уменьшают перегородку, а во втором наоборот - создают.

Эти обстоятельства затрудняли применение основных понятий ТРИЗа для анализа развития одной технической системы. В данной работе предпринята попытка проведения такого анализа на примере развития расходомеров.

Анализ основан на картотеке изобретений с 1928 г. до 1968 г. В картотеку вошли изобретения, сделанные в СССР, по классу G 01 F и относящиеся к расходомерам. Дата первых изобретений, вошедших в картотеку, ограничена тем материалом, которым располагает бакинский патентный фонд. Автор ограничил сбор изобретений 1968 г. по двум причинам. Во-первых, эта работа с самого начала не претендовала на полноту описания развития расходомеров. Необходимо было решить вопрос о возможности такого анализа в принципе. Во-вторых, продолжение сбора патентного материала отложило бы появление данной работы на неопределенный срок.

Автор благодарит Альтшуллера Г., Фильковского Г. и Погосбекова Н. за высказанные замечания и коррекцию рукописи.

1. ЧТО НАЗЫВАЮТ РАСХОДОМЕРОМ

В технике большое значение имеет передвижение веществ. Поток машин, конвейер, добыча нефти, трата денег и запчастей, очереди - все это примеры различных потоков. Задача управления потоками занимает в настоящее время одно из главных мест в промышленности. Для ее решения прежде всего необходимо иметь возможность контролировать различные потоки, измерять их расход.

В технической литературе под расходомером обычно понимают только те устройства, которые позволяют определить расход жидкостей, газа или близких к ним по состоянию веществ (пар, песок, жидкий металл и др.). В зависимости от способа измерения различают типы расходомеров: турбинные, тепловые, электромагнитные и другие. ГОСТом 15528-70 устанавливается, что типов расходомеров равно 16 (см. приложение).

Для того, чтобы дать общее представление о работе расходомеров рассмотрим принцип действия трех различных из них.

РАСХОДОМЕРЫ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ основаны на измерении разности давлений (P) до и после сужающего устройства и используют явление повышения кинетической энергии жидкости, проходящей с повышенной скоростью через сужающее устройство, за счет уменьшения потенциальной энергии давления.

В качестве сужающего устройства используют диафрагмы (2), трубы Долла и т.п. Полученная разность давлений по трубкам (3) передается на дифманометр (4). Расход определяется по формуле:

$$Q = K \frac{h}{d} \quad \text{где} \quad d - \text{плотность жидкости,} \\ k - \text{постоянный коэффициент.}$$

КАМЕРНЫЕ СЧЕТЧИКИ

В камерных счетчиках происходит выделение известного объема жидкости, перемещение ее с помощью кулачков (2) от входа к выходу и отсчет числа таких объемов счетчиком (4).

В качестве передаточного механизма (3) может использоваться зубчатая передача, а также оптический или электромагнитный генератор импульсов.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ РАСХОДОМЕРЫ основаны на открытом Фарадеем законе линейной зависимости э.д.с. в проводнике, движущемся в магнитном поле (2) и скоростью. Наводимая э.д.с. с помощью электродов (3) измеряется гальванометром (4). Однако обычно наводимая э.д.с. мала и содержит помехи, поэтому используют не гальванометр, а специальное устройство, получившее в литературе название вторичного прибора.

2. СТАТИКА

Для изучения развития расходомеров необходимо построить модель расходомера, аналогично тому, как строится модель задачи во второй части АРИЗ-77. В этой главе будут описаны элементы модели расходомера, их особенности и связи.

2.1. Основными элементами расходомера является поток, расход которого необходимо определить. С точки зрения вепольного анализа поток с одной стороны является полем, т.к. представляет собой распределение скоростей, а с другой - веществом, как это было указано в первой главе. Только распределение скоростей не дает еще потока, как и вещество, которое не передвигается, поэтому поток мы будем изображать в виде молекулы из двух элементов с неразрываемой связью (П1 <---> В1). Причем эта молекула может проявлять как свойства поля, так и свойства вещества.

Поток не имеет хорошей связи с внешней средой, нет энергетической проводимости

(П1 <---> В1)

По стандарту 1 эта задача решается введением добавки, создающей физический эффект, связанный с расходом. Этот второй элемент модели расходомера мы будем называть ЭФФЕКТОРОМ. Схема на рис.2.1 описывает работу расходомеров переменного перепада давления, переменного уровня, вихревых. Тахометрические расходомеры описываются схемой на рис.2.2.

П1 ----- В1 <----- В2

П3

Рис.2.1

П1 ----- В1 -----> В2

П3

Рис.2.2

Если вещество вводить нельзя, то в соответствии со стандартом 10, вводится поле (рис.2.3).

П1 ----- В1 <----- П2

П3

Рис.2.3

Очень часто П3 оказывается видоизменением П2, т.е. $P_3 = P_2'$. По этой схеме функционируют тепловые, ультразвуковые, электромагнитные и другие расходомеры.

Возможно также решение по типовой модели 1 АРИЗ-77 (рис.2.4), например а.с.315038, а.с.203959 (пример 11).

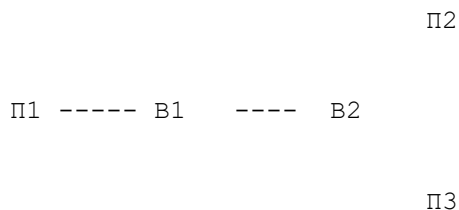


Рис.2.4

Таким образом, вторым элементом модели расходомера должна быть добавка: вещество В2 или поле П2.

Это, однако, задачу до конца не решает, т.к. поле находится внутри потока и поэтому трудно доступно. Новая задача соответствует типовой модели 2 АРИЗ-77 и решается добавлением В3 (рис.2.5). Реже используется схема, показанная на рис.2.6 (пример 16).

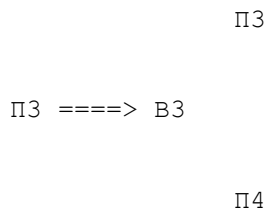


Рис.2.5

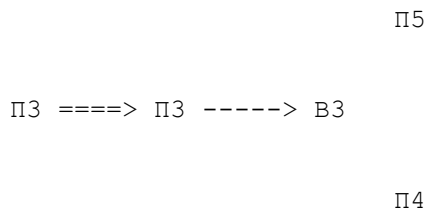


Рис.2.6

В обоих случаях необходим новый элемент расходомера - носитель, образующий энергетический мост от П3 к внешней среде. Им может быть вещество В3 или поле П4, в зависимости от того, что (В3 или П4) "выносит" информацию из потока.

Таким образом, для функционирования расходомеров необходимо, чтобы в него входили поток, эффектор и носитель.

Кроме этой части расходомера, которую называют первичным преобразователем, в него обычно входит еще устройство, фиксирующее

поле П4. Это устройство мы будем называть вторичным прибором.

Итак, модель расходомера состоит из 4-х элементов:

1. Поток
2. Эффектор
3. Носитель
4. Вторичный прибор.

В дальнейшем мы иногда будем отмечать только номер элемента, не называя его.

Из таблицы 2.1 видно, что каждый из элементов модели в том или ином виде присутствует в различных типах расходомеров, описанных в первой главе.

Модель		Расходомеры		
номер элемента	обозначение	переменного перепада давления	камерные счетчики	электромагнитные
1	П1<--->В1	Жидкость, газ	Жидкость	Жидкость
2	В2	Диафрагма	Камера, кулачки	--
	П2	--	--	Магнитное поле
3	В3	Трубки	Зубчатая передача или	Электроды или
	П4	--	Оптическое магнитное поле	Вторичное магнитное поле
4	--	Дифманометр	Счетчик оборотов	Вторичный прибор

Таблица 2.1.

2.2. Согласно правилам 5 и 6 (шаг 3.1) АРИЗ-77, элементы технической системы не равнозначны с точки зрения простоты их изменения. В расходомерах труднее всего изменять поток, т.к. это "природный объект". Эффектор изменять легче, чем поток, но труднее, чем носитель, т.к. изменение эффектора может повлиять на основные физические процессы в расходомере. Проще всего изменить вторичный прибор, имеющий много элементов, которые мало влияют на принцип действия самого расходомера.

Патентные исследования подтвердили иерархическую структуру модели расходомеров. В таблице 2.2 приводятся частоты решения задач, возникающих от *i*-го элемента, с помощью изменения *j*-го элемента модели расходомера.

Так, например, в а.с.104975 (пример 1) поставленная в изобретении задача возникла от эффектора ($i = 2$) и решалась также изменением эффектора ($j = 2$). Вообще же i и j не обязательно совпадают.

Из таблицы 2.2 видно, что частота решения задачи, возникающей от элемента i , изменением элемента j меньшего, чем i (в табл. выше косой черты), не превышает 0,04, т.е.

$$P(i, j) < 0,04 \quad \text{для } j < i$$

Это означает, что для большинства изобретений $j > i$, что и подтверждает иерархию элементов модели расходомера.

	1	2	3	4
1	0,07	0,01	0	0
2	0,50	0,71	0,04	0
3	0,25	0,15	0,91	0
4	0,18	0,13	0,05	1

Таблица 2.2.
Частота решения задач от i -го элемента
с помощью изменения j -го элемента.

2.3. В зависимости от того, является ли эффектор и носитель полем или веществом, можно различать четыре вида расходомеров, построив морфологический ящик

1. (П1 -- В1) -- В2 -- В3
2. (П1 -- В1) -- В2 -- П4
3. (П1 -- В1) -- П2 -- В3
4. (П1 -- В1) -- П2 -- П4

Первые два мы будем называть механическими расходомерами, а вторые два - полевыми. Обозначения элементов здесь соответствуют обозначениям, принятым в разделе 2.1 (В2 и П2 - эффектор, В3 и П4 - носитель).

3. КИНЕМАТИКА

В этой главе мы рассмотрим внутренние механизмы развития расходомеров. Эти механизмы мы будем называть кинематикой развития расходомеров.

3.1. Модель расходомера, описанная во второй главе, содержит в себе противоречие:

добавка должна быть, чтобы была возможность определить расход, и не должна быть, чтобы не влиять на поток (уменьшить затраты и т.п.).

В отличие от обычных технических противоречий это противоречие сформулировано для элементов модели расходомера и относится к любому типу расходомеров на любом этапе развития. В дальнейшем мы будем называть его основным противоречием расходомеров.

Приведем несколько примеров проявления его в виде технических противоречий.

Пример 3. А.с.7529. Газомер..., характеризующийся тем, что в целях устранения сопротивления измерительного барабана, последний приводится во вращение механическим приспособлением таким образом, что разность давлений газа на входе в барабан и при выходе из него становится равной нулю.

Пример 4. В работе "Развитие турбинного расходомера (лит. 8) описан турбинный расходомер, который можно убирать на нужное время из потока.

Пример 5. А.с.173966. Расходомер для жидкостей и газов, содержащий чувствительный элемент, выполненный в виде удлиненного поршня, перемещающегося в цилиндре, конусообразный патрубок, выравнивающие решетки и струну, несущую измерительную шкалу, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности прибора, цилиндр снабжен расположенными на одном уровне, симметричными относительно его оси окнами с отводными патрубками для уравнивания воздействующих на поршень сил и каналами, соединяющими надпоршневое пространство с полостями выходных патрубков.

В этом изобретении "чувствительный элемент" под действием потока начал вибрировать. Для устранения этого применили каналы для уравнивания действующих на цилиндр сил.

Как и другие технические системы, расходомеры развиваются неравномерно.

Пример 6. А.с.365572. Устройство для замера расхода воды в каналах с фиксированным руслом, содержащее датчик скорости потока, жестко связанный с поплавком, шарнирно закрепленным на нижнем конце поворотной рамы, датчик угловых перемещений рамы и магнитный успокоитель ее, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерений и надежности устройства, внутри датчика скорости потока расположен поплавок с ферромагнитным сердечником, взаимодействующим с распределенной функциональной обмоткой, которая подключена вместе с первичной обмоткой датчика угловых перемещений к источнику стабилизированного напряжения и последовательно соединена с токовыми обмотками регистрирующих приборов, а вторичная обмотка датчика

угловых перемещений подключена к обмоткам напряжения вышеуказанных регистрирующих приборов.

В этом примере мы видим несоответствие: первый элемент модели расходомера изменили (вместо потока в трубе – открытый канал), а вся система осталась старой. Скорость потока измеряют с помощью уже известного "датчика скорости", глубину потока – с помощью поплавка, а затем обе величины перемножают в "регистрирующих приборах".

Неравномерность изменений элементов расходомера приводит к изобретениям, не связанных с основным противоречием.

Пример 7. А.с.387217. Датчик электромагнитного расходомера, содержащий немагнитный измерительный канал прямоугольного сечения, систему возбуждения магнитного поля и электроды, отличающиеся тем, что, с целью получения сигнала, пропорционального объемному расходу при измерениях в ненапорных линиях, один электрод расположен на дне измерительного канала, а другой – по всей высоте боковых стенок вне зоны магнитного поля на входе и выходе датчика.

В силу иерархии элементов модели расходомера неравномерность изменений элементов носит направленный характер: элементы с большим номером отстают от элементов с меньшим номером. Так, в примерах 6 и 7, изменение элементов 2, 3 и 4 последовало лишь после изменения потока – элемента номер один.

Таким образом, иерархия элементов приводит к иерархии противоречий, в вершине которой находится основное противоречие.

3.2. Конечным пунктом развития расходомеров является расходомер, для которого решены все противоречия.

Такому условию удовлетворяет "идеальный расходомер": расходомера нет, а его функция выполняется.

С учетом модели расходомера можно составить иерархию идеалов.

1. Потока нет, а его функция выполняется. Этот ИКР указывает путь для решения задач в надсистеме. В развитии самих расходомеров он участия не принимает.

2. Эффектора нет, а его функция выполняется. Ниже будет показано, что расходомеры в развитии приближаются к этому основному для них идеалу.

3. Носителя нет, а его функция выполняется.

Пример 8. А.с.82797. Ротаметр, отличающийся тем, что, с целью использования его трубки одновременно как в качестве основной несущей конструкции, так и в качестве измерительного органа, эта трубка выполнена из прозрачной пластмассы.

Для передачи перемещения поплавка ротаметра, которое зависит от расхода жидкости, применяли механическую передачу, магнитное поле (примеры 15, 16), использовались стеклянные трубки.

Стремление расходомеров к идеалу и широкое применение пластмасс в технике привели к появлению описанного изобретения.

4. Вторичный прибор не входит в необходимую часть расходомера (раздел 2.1) и находится на самой нижней ступени иерархии. Это привело к тому, что хотя вторичный прибор и стараются упростить (примеры 6 и 7), стремление к ИКР более высокого уровня вызывает

усложнение четвертого элемента расходомера (см. стр. 21).

Приведем теперь несколько примеров стремления расходомеров к идеалу.

Пример 9. А.с.125908. Тахометрический расходомер по принципу действия подобный крыльчатым расходомерам с индуктивными датчиками, отличающийся тем, что, с целью упрощения конструкции и повышения надежности действия, в нем вместо крыльчатки применен ферромагнитный шарик, закручиваемый потоком, проходящим через направляющую с винтообразными лопастями.

Сравнивая это изобретение с а.с.7529 (пример 3) можно заметить, как решение основного противоречия приводит к уменьшению эффектора. Аналогичную тенденцию можно заметить в электромагнитных расходомерах.

Пример 10. А.с.146520. 1.Индукционный расходомер с внутренним магнитным полем, создаваемым электрическим током, протекающим по контролируемой электропроводной среде, отличающийся тем, что, с целью устранения введенного в поток изолированного электрода и упрощения конструкции, в нем применены ферромагнитные пластины, устанавливаемые вблизи стенок канала трубы датчика для ориентации магнитного поля поперек потока.

По этому изобретению особенности потока (обычно жидкий металл) позволили вместо использования громоздкой магнитной системы с большими потерями, создать магнитное поле непосредственно в потоке.

Стремление к уменьшению эффектора можно проиллюстрировать и на примере а.с.104975 и а.с.224826 (примеры 1 и 2). В первом из них уменьшают пористую перегородку, а во втором - магнитное поле. И хотя оба эти изобретения низкого уровня и не решают технического противоречия, они вносят свой вклад в процесс решения основного противоречия расходомеров и приближения их к идеалу.

В дальнейшем еще будут приведены многочисленные примеры стремления расходомеров в своем развитии к идеалу.

3.3. Основное противоречие расходомеров удовлетворяет условиям стандарта 10, по которому в случае, если нужно ввести добавки, а это запрещено условиями задачи, предлагается использовать обходные пути:

1. Вместо вещества вводится поле.

На рис. 3.1 показано изменение удельного веса изобретений, сделанных на механические и на полевые расходомеры. Из графиков видно, что доля изобретений на механические расходомеры постоянно уменьшается, и соответственно больше внимания уделяют развитию полевых расходомеров. Это соответствует переходу от схемы на рис.2.1 и 2.2 к структурной схеме на рис.2.3.

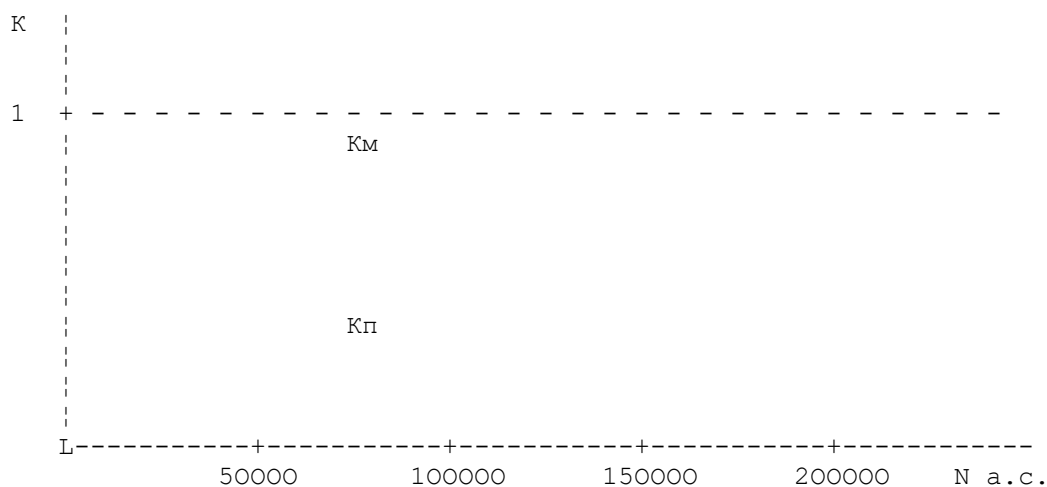


Рис. 3.1.
Удельный вес изобретений на механические (Км)
и полевые (Кп) расходомеры

$$K_m = \frac{N_m}{N_m + N_p}$$

$$K_p = \frac{N_p}{N_m + N_p}$$

где N_m и N_p -- число изобретений соответственно на механические и полевые расходомеры, сделанные в СССР за определенный промежуток времени.

2. Вместо внутренней добавки используется наружная.

Пример 11. А.с.315038. Индукционный датчик расхода, содержащий трубопровод, магнитную систему возбуждения и токосъемные электроды, отличающийся тем, что, с целью устранения зависимости результатов измерения от состава контролируемой среды и расширения диапазона измерения в сторону малых расходов, измерительный участок трубопровода выполнен в виде петли и герметично соединен с кольцевой камерой, которая заполнена жидкостью большей плотности, чем контролируемая среда.

Это изобретение соответствует решению по типовой модели 1 АРИЗ-77 (рис.2.4).

3. Добавка вводится в очень малых дозах.

Примером может служить а.с.104975 (пример 1).

4. Добавка вводится на время (пример 4).

5. В качестве добавки используют часть имеющегося вещества, переведенную в особое состояние или уже находившуюся в таком состоянии (пример 22).

6. Вместо объекта используют его копию (модель), в которую допустимо введение добавок.

Пример 12. А.с.12307. 1.Устройство для измерения количества протекающей жидкости, в котором измерительный прибор помещен в ответвлении от главного потока жидкости, характеризующееся применением приспособления для регулирования количества жидкости, протекающей через измерительный прибор, которое состоит из цилиндра, снабженного впускным отверстием в боковой стенке и сообщающегося с камерой, в которой помещен водомер, в каковом цилиндре может перемещаться сплошной поршень, изменяющий площадь отверстия в зависимости от величины открытия отверстия основной трубы с целью получения пропорциональности между показаниями измерительного прибора (водомера) и количеством протекающей через основную трубу жидкости.

7. Добавки вводят в виде химических соединений, из которых они потом выделяются.

Автор подробными примерами измерения расхода не располагает.

Приведенные примеры показывают различную роль путей решения стандарта 10 в развитии расходомеров. Первый приводит к появлению новых типов расходомеров и имеет решающее значение в их развитии. Остальные играют эпизодическую роль и не приводят к появлению новых расходомеров. Кроме указанных в стандарте 10 путей решения, в расходомерах широко применяется компенсация (пример 3, пример 5, а.с.241725, а.с.335546 и др.). Практически во всех типах расходомеров применяется динамизация добавки, повышение ее управляемости.

Пример 13. А.с.75702. Прибор для измерения расхода жидкости, состоящий из сосуда, снабженного вводным и выводным патрубком... и заключенного внутри его поплавка с указателем, положение которого меняется в зависимости от уровня задерживающейся в сосуде жидкости, отличающийся тем, что поплавок механически связан с клапаном, регулирующим поступление в сосуд жидкости с той целью, чтобы перемещение поплавка происходило до наступления равновесия между количеством жидкости, поступающей из сосуда.

Примером динамизации добавки могут быть также а.с.104139, а.с.7529 (пример 3) и др.

В этой главе было показано, как внутренняя противоречивость элементов модели расходомера и неравномерность их развития приводят к стремлению расходомеров развиваться к идеалу.

Можно выделить два уровня развития расходомеров:

- возникновение новых типов расходомеров;
- развитие внутри одного типа.

Эти уровни отличаются приемами, применяемыми для решения противоречий расходомера. На первом - это переход от механического эффектора к полевому, а на втором - это компенсация, динамизация и

остальные варианты стандарта 10.

Приведенные примеры показывают также, что одной кинематики для развития расходомеров недостаточно. Так в а.с.82797 (пример 8) применили пластмассу, для перехода к полевым расходомерам также требуется влияние внешних факторов.

4. ДИНАМИКА

В этой главе будет рассмотрено влияние внешних факторов на появление и развитие расходомеров. Механизмы этого влияния мы будем называть динамикой развития расходомеров. Применение расходомеров к новым потокам, открытие новых физических эффектов, технология изготовления отдельных частей расходомера и даже климатические условия - все эти факторы находят свое отражение в расходомерах.

Пример 14. А.с.112260. 1. Прибор для определения расхода в крупном водоеме ...

2. Прибор по п.1, отличающийся тем, что, с целью производства измерения в зимних условиях, дренированные трубки имеют электрообогрев, включаемый при работе прибора.

Эффект отражения внешних факторов в технических системах общеизвестен. Его используют, например, археологи для определения уровня развития древнего общества по сохранившимся орудиям труда.

4.1. Возникновение и развитие расходомеров обязано двум факторам:

1. Расходомеры стали необходимы.
2. Появились условия создания расходомеров.

Развитие промышленности в середине XIX века привело к возникновению задачи контроля различных потоков: пара в паровых машинах, нефти в нефтеперерабатывающих заводах и т.д.

С другой стороны к этому времени уже были изучены основные свойства газов (закон Бойля - 1660 г., Шарля - 1787 г., Авогадро - 1811 г.), природа теплоты (механический эквивалент теплоты - 1843 г.) и электромагнитного поля (открытие электромагнитной индукции Фарадеем - 1831 г.), свойства света (интерференция - 1807 г., измерение скорости света - 1850 г.).

Все это привело к появлению первых расходомеров:

- переменного перепада давления - XIX век;
- обтекания - 1868 г.;
- переменного уровня - 1919 г.;
- тахометрические - до 1929 г. (а.с.7529).

Мы видим, что это, в основном, механические расходомеры (тепловые расходомеры тоже появились довольно рано), хотя свет, магнитное поле и звук были уже достаточно изучены. Объяснить это можно двумя причинами. Во-первых, мир техники в то время был механическим. Во-вторых, еще не вступили в силу внутренние механизмы развития расходомеров. Механические расходомеры вполне справлялись с возложенными на них задачами, и незачем было "возиться" с созда-

нием полевых.

4.2. В процессе возникновения новых типов расходомеров участвуют все те же два фактора:

- необходимость измерения расхода новых потоков;
- применение новых физических эффектов для их измерения.

Покажем это на примере возникновения электромагнитных звуковых (ультразвуковых) и вихревых расходомеров.

4.2.1. "Несмотря на то, что индукционный метод измерения расхода был известен давно (впервые на возможность использования закона электромагнитной индукции для измерения скорости течения жидкостей было указано самим Фарадеем), электромагнитные расходомеры, реализующие этот метод, принадлежат к числу сравнительно новых приборов. Их появление было обусловлено рядом специфических требований медицины и биологии... Период их промышленного освоения (1953-1955 гг.)..." (Лит.11, стр.160, 161)

Что же изменилось за период между высказыванием идеи (1831 г.) и ее реализацией (1955 г.)?

Как уже отмечалось во введении, картотека, на которой основана данная работа, ограничена 1928 годом. Однако уже первое изобретение в этой картотеке относится к применению магнитного поля.

Пример 15. А.с.4769. 1.Водомер, в котором движение поплавка, поддерживаемого ртутным столбом, находящимся под влиянием разности давления в трубке Вентури, передается на ось пишущего механизма, характеризующийся применением магнитной передачи, включенной между поплавком и пишущим приспособлением.

В этом изобретении магнитное поле применяется для передачи перемещения ртути в дифманометре, т.е. во вторичном приборе.

Затем магнитное поле стали применять в расходомерах более смело.

Пример 16. А.с.37897 (1934 г.). Индукционный парометр, отличающийся тем, что он выполнен в виде муфты 6 с диафрагмой, помещенной внутри патрубка 1, предназначенного для присоединения к паропроводу, причем муфта 6 снабжена обмоткой 8, а патрубок 1 обмоткой 3, с целью указания расхода пара по отклонению стрелки соединенного с обмоткой 8 счетчика 16, при продвижении давлением пара обмотки 8 внутри обмотки 3, соединенной с источником переменного тока.

В этом изобретении магнитное поле применили уже в качестве носителя (рис.2.6.), П4 - магнитное поле.

Эти два изобретения отражают процесс освоения техники, и в том числе расходомерами магнитного поля. Совершенствовались способы применения, вторичный прибор и т.д.

Таким образом, к тому времени, когда потребовался бесконтактный способ измерения расхода, индукционный способ был не только известен, но было подготовлено его применение. Магнитное поле применялось в расходомерах как бы снизу: начиная от четвертого элемента и до второго - эффектора.

Дальнейшее развитие электромагнитных расходомеров связано с их применением к новым потокам: открытый канал (пример 6, 7), жидкий металл (пример 9) и т.д. Однако на этом этапе большую роль для их развития играет стремление к ИКР, устранение внутренних противоречий, т.е. кинематика. Это привело к динамизации и повышению управляемости магнитного поля.

Пример 17. А.с.346583. Индукционный способ измерения расхода электропроводящих сред путем создания постоянного магнитного поля и измерения наведенной ЭДС на электродах преобразователя, отличающийся тем, что, с целью исключения влияния ЭДС электрохимических процессов, изменяют значения магнитной индукции поля на определенную величину, измеряют соответственное изменение наведенной ЭДС на электродах преобразователя и по отношению величины изменения ЭДС на электродах к соответствующему изменению величины магнитной индукции определяют расход среды.

В этом изобретении для решения задачи магнитное поле, которое обычно стараются стабилизировать, сделали изменяющимся. Можно привести много примеров того, как принцип динамизации применялся к магнитному полю. Вначале от постоянного магнитного поля перешли к переменному. Затем появились расходомеры с бегущим магнитным полем. По аналогии с тахометрическими расходомерами (а.с.7529 пример 3) скорость бегущего магнитного поля сделали изменяющейся так, чтобы она равнялась скорости течения потока.

Пример 18. А.с.142783. Устройство для бесконтактного измерения скорости течения электропроводной жидкости в трубопроводах нулевым методом с использованием бегущего магнитного поля, создаваемого плоским статором, и фазочувствительной измерительной схемы, отличающееся тем, что, с целью исключения зависимости показаний измерительного прибора от электропроводности контролируемой жидкости, в нем применены две измерительные катушки, расположенные... на противоположных сторонах измерительного участка трубопровода и включенные на вход фазочувствительной схемы, и следящая система, управляемая выходным сигналом схемы и обеспечивающая автоматическое уравнение скорости бегущего магнитного поля со скоростью течения контролируемой жидкости.

Еще раз отметим, что возникновение и развитие электромагнитных расходомеров во многом обязано влиянию внешней среды, т.е. динамике. Так, в приведенных только что а.с.142783 и а.с.346583, к динамизации магнитного поля привела задача применения электромагнитных расходомеров к новым потокам. В первом из них этому мешает электропроводность жидкости, а во втором – электрохимические процессы.

Однако динамика приводит только к таким изменениям расходомеров, которые не противоречат законам статики и кинематики.

Так, если явление электрической индукции, применяемое в электромагнитных расходомерах, представить в вепольной форме (лит.12), то мы получим схему, аналогичную изображенной на рис.2.3.

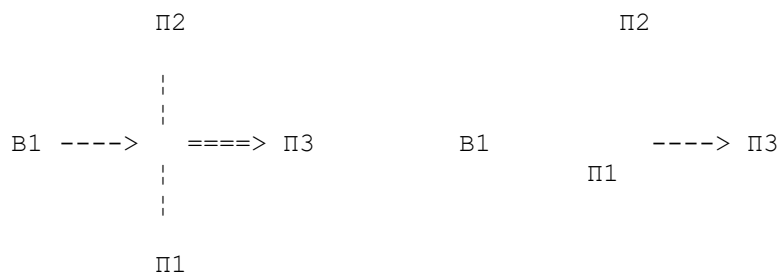


Рис.4.1.

С другой стороны появление электромагнитных расходомеров соответствовало также законам кинематики: это был новый шаг в стремлении расходомеров к идеалу, уменьшению добавки.

4.2.2. Теперь рассмотрим появление и развитие звуковых и вихревых расходомеров.

Акустический метод измерения расхода не имел такой предистории, как у электромагнитных расходомеров, но в своем развитии проходит те же этапы.

На первом этапе, когда звуковые расходомеры еще не точны и ненадежны, их применение оправдывалось только острой необходимостью.

Пример 19. А.с.58211. Способ определения средней скорости речного или иного потока, отличающийся тем, что на одном пункте потока возбуждают (например, взрывом) в потоке звуковые колебания и одновременно замеряют на втором пункте, отстоящем от первого на достаточном расстоянии, момент взрыва и момент прихода звуковой волны по потоку, а затем повторяют операцию, производя взрыв на втором пункте, с тем, чтобы по разности получаемых при этом скоростей звука судить об измеряемой средней скорости течения.

Описанный способ измерения расхода довольно груб и не точен. Однако его применение позволяет решить задачу, которую сложно решить другими способами: измерить среднюю скорость речного потока. Таким образом, внешние факторы приводят к возникновению нового ти-

па расходомера.

Дальнейшее развитие акустического способа измерения связано с определением скорости потоков, которые поддаются измерению и другими способами.

На втором этапе, когда новый способ измерения определен, выяснены его слабые и сильные стороны, наряду с динамикой, на развитие звуковых расходомеров начинает влиять и кинематика. Устраняют различные источники погрешности, применяют ультразвук (а.с.114352, 127077) и т.д.

Пример 20. А.с.162334. Импульсный ультразвуковой способ измерения расхода жидкости, основанный на измерении разности частот повторения импульсов, распространяющихся по потоку и против потока контролируемой среды, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения и быстродействия прибора, расход жидкости определяют по разности частот повторения двух генераторов импульсов, излучающих импульсы по потоку и против потока с такими частотами повторения, при которых отношение времени распространения ультразвука между излучателем и приемником для каждого генератора к периоду повторения импульсов соответствующего генератора равно постоянной величине больше единицы.

В этом примере механизмы кинематики привели к динамизации эффектора.

Развитие ультразвуковых расходомеров частично подготовило элементы 3 и 4 модели расходомера для возникновения вихревых расходомеров. Рассмотрим их развитие.

Первый этап. Вихревые расходомеры еще очень слабые. Их применение возможно только для определенного класса задач.

Пример 21. А.с.163385. Сигнализатор расхода, выполненный в виде спиральной завихряющей камеры, вмонтированной в трубопровод, микрофона и сигнального реле, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения вихревого звука в трубопроводе расположена резонансная полость, настроенная на частоту, пропорциональную заданному значению расхода.

Пример 22. А.с.179960. Способ измерения дебита фонтанирующих газовых и газоконденсатных скважин, отличающийся тем, что характеристику шумовых явлений, сопровождающих выделение продукта из скважины, сравнивают с тарифовочными кривыми.

Возникновение вихревых расходомеров, относящихся к классу механических (эффектор - завихряющая камера), не противоречит закону увеличения степени идеальности расходомеров. Так, если в тахометрических расходомерах для определения степени "закрученности" потока винтообразными лопастями приходилось вводить магнитный шарик (пример 9), то в вихревых - поток сам сообщает это с помощью звуковых колебаний.

Второй этап. Выяснились основные недостатки и противоречия вихревых расходомеров. Повышается роль кинематики в их развитии: компенсация внешнего шума (а.с.183121), создание более устойчивого завихрения (а.с.211816) и др. Однако в имеющемся у автора фонде (до 1968 г.) нет примеров для, широко распространенного в расходомерах, принципа динамизации эффектора, примененного в вихревых расходомерах. Учитывая новизну этих расходомеров, можно предположить, что соответствующее изобретение появится после 1968 года.

4.3. Приведенные примеры показывают, что динамика приводит только к таким изменениям расходомеров, которые не противоречат статике и кинематике. Влияние внешних факторов отличается на различных этапах развития расходомеров и для различных типов. На первом этапе основная роль развития расходомера принадлежит динамике. На втором этапе роль динамики уменьшается, а кинематики - возрастает. Можно выделить и третий этап, когда роль динамики в развитии сводится до минимума.

Различное влияние динамики на развитие расходомеров можно заметить, сравнив развитие электромагнитных и ультразвуковых расходомеров: первые развивались больше под влиянием внешних факторов, вторые - более самостоятельно.

Пример 23. А.с.77346. Способ сухого электромагнитного обогащения мелких руд, отличающийся тем, что, с целью ступенчатости электромагнитных силовых линий в зоне расположения обрабатываемой руды для повышения извлечения магнитных материалов, в обрабатываемую мелкую руду вводят крупные куски сильного магнитного минерала, например, магнетита.

Сравнив это изобретение с аналогичным решением по а.с.224826 (пример 2), можно убедиться, что электромагнитные расходомеры имеют очень много аналогов, ввиду распространенности магнитного поля. Эта особенность проявилась и в том, что магнитное поле стало применяться в расходомерах "снизу": вначале в 4-м, затем в третьем и только потом в качестве второго элемента модели расходомера.

В ультразвуковых расходомерах все происходило иначе. Звук в расходомерах применили сразу в качестве эффектора, и только затем были соответственно изменены элементы 3 и 4. Это привело к тому, что хотя акустический метод измерения появился и раньше, но развивался медленнее, чем электромагнитный (рис.4.2).

	Т	Т	Т	Т
Тип расходомера	до 50000 а.с.	от 50000 до 100000 а.с.	от 100000 до 150000 а.с.	от 150000 до 200000 а.с.
Переменного перепада давления	10	9	7	7
Электромагнитный	--	--	8	21
Ультразвуковой	--	1	3	11
Вихревой	--	--	1	4

Рис.4.2.

Количество изобретений на расходомеры

различного типа за разные периоды времени.

5. В Ы В О Д Ы

Проведенный анализ позволяет объяснить некоторые особенности в развитии расходомеров: последовательность в развитии, быстрое развитие одних и более медленное – других.

Кроме того, он позволяет выявить некоторые закономерности, дающие возможность сделать определенный прогноз развития расходомеров. Для этого имеется несколько механизмов. Статика дает возможность заранее перебрать подходящие для расходомеров эффекты и схемы развития.

Кинематика определяет основное направление развития расходомеров. Это позволяет верно оценить поставленную задачу и пути ее решения. Так, например, мы знаем, что механизмы кинематики приводят к динамизации и уменьшению эффектора. Динамика может показать пути наиболее сильного изменения расходомеров: решение новой для расходомеров задачи, например, измерение распределения скорости по сечению потока; применение физических эффектов, приемов, например, магнитооптические и электрооптические явления, эффекты Гопкинса и Баркгаузена, люминесценция, переход через точку Кюри и т.п. Уже было показано, что различные приемы и варианты стандарта 10 могут иметь различное значение для развития расходомеров.

Статика, кинематика и динамика взаимодействуют на протяжении всего развития расходомеров. Знание об особенностях этого взаимодействия на трех различных этапах развития расходомеров также может способствовать ускорению этого развития. Кроме того, корреляция некоторых механизмов развития расходомеров с элементами модели расходомеров делает возможным применение методов математической статистики для изучения этих механизмов. Так, новые задачи чаще всего проявляются в изменении первого элемента, решение основного противоречия – элемента номер два и т.п.

Все это показывает эффективность применения основных положений ТРИЗа для исследования развития технических систем.

Такое применение, однако, позволяет не только лучше описать развитие технических систем, но и по-новому увидеть такие понятия, как противоречие, ИКР, приемы.

Проведенный анализ показал существование двух классов противоречий различного происхождения:

- основное противоречие (противоречие модели или системное);
- противоречия, возникающие из-за неравномерности развития элементов модели расходомера.

В разделе 3.2 была показана иерархическая система ИКР.

Существуют, видимо, и системные приемы, которые применяются не для какой-то одной задачи или расходомера, а для всей системы в целом. Так, в расходомерах стремление уменьшить эффектор приводит к усложнению вторичного прибора. Например, в электромагнитных расходомерах 56% всех изменений приходится на вторичный прибор, а в расходомерах переменного перепада давления – только 38%. Таким образом реализуется принцип вынесения, который в данном случае выступает как системный прием.

В других технических системах могут быть свои системные прие-

мы, например, переход на микроуровень в ОЗУ ЭВМ (лит.6).

6. О ДРУГИХ СИСТЕМАХ

Описанные в этой работе механизмы развития технических систем не имели бы большой ценности, если бы относились только к расходомерам. Поэтому для преподавателей и разработчиков АРИЗа может быть интересен вопрос о применимости подобного же анализа к исследованию развития других технических систем.

Основной метод применения ТРИЗа для исследования развития той или иной технической системы - это представление условий ее существования в виде изобретательской задачи.

Приведем, в качестве примера, анализ катков (лит.5).

1. Цель катков: уплотнять покрытие на поверхности земли (для расходомеров - гл.1).
2. Основные элементы (статика):
 - покрытие,
 - уплотнитель,
 - вспомогательная система.

Покрытие - это обычно асфальт.

В качестве уплотнителя применяют поле тяготения, вибрацию.

Во вспомогательную систему входят двигатель, управление и т.д.

3. Противоречие (раздел 3.1):
уплотнитель должен быть, чтобы создавать нужный физический эффект, и не должен быть, чтобы уменьшить затраты.
Например, в случае статических катков, уплотняющих силой тяжести, с увеличением силы уплотнения возрастает вес катка или уменьшается обрабатываемая за один проход площадь.
4. ИКР (раздел 3.2 данной работы):
катка нет, а покрытие уплотняется само.

Исследования (лит.5) показали приближение катков к этому идеалу: происходит переход от статических катков к вибрационным.

Необходимо отметить трудности проведения подобного анализа.

1. Сбор достаточно полной и многочисленной информации о развитии технической системы и организация ее, для удобства пользования, отнимает большую часть времени. Недостаток информации может привести к грубым промахам, хорошо заметным специалистом в данной области. Сложность этого этапа работы несколько уменьшается, если выбрана уже знакомая техническая система.

2. Собранный материал обычно представляется в виде разрозненных и несвязанных между собой изобретений. Организовать эту информацию в какую-то систему бывает довольно сложно.

Приведем пример. Предположим мы решили проанализировать развитие паяльников. Сформулируем для них ИКР: паяльника нет, а деталь запаивается сама.

Если техническая система стремится в своем развитии к ИКР, то паяльник должен постепенно уменьшаться. Однако "по а.с.105897 для непрерывности пайки длинных изделий предложен паяльник в виде ролика. Припой подается в зону пайки из камеры, расположенной сверху ролика" (А.Б. Селюцкий, Г.И. Слугин "Вдохновение по заказу", Карелия, 1977г.)

Аналогичные трудности возникали и при анализе развития расходов (пример 2).

Для правильной оценки подобных случаев необходима опять же достаточно полная информация, правильная формулировка основного противоречия системы.

Исследование развития различных технических систем, выявление общих механизмов и этапов развития позволит ближе подойти к решению задачи предсказания развития систем. По-новому можно будет поставить и цель ТРИЗа: не решение одной изобретательской задачи, а план, по которому необходимо последовательно изменять техническую систему.

ГОСТ 15528-70
Классификация приборов для измерения
расхода и количества.

1. Переменного перепада давления.
2. Переменного уровня (водосливы с отверстиями различного профиля и др.).
3. Обтекания (с поворотной лопастью, поплавковые и др.).
4. Тахометрические (турбинные, шариковые, камерные и др.).
5. Силовые (с внешним и внутренним силовым воздействием на поток).
6. Силовые перепадные.
7. Тепловые (с различным способом подогрева).
8. Вихревые.
9. Электромагнитные.
10. Ультразвуковые (перемещение колебаний, эффект Допплера).
11. Оптические (эффект Физо-Френеля, Эффект Допплера).
12. Ядерно-магнитные.
13. Ионизационные.
14. Концентрационные.
15. Меточные (слежение за меткой).
16. Парциальные.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Альтшуллер Г.С. "Законы развития систем".
2. Альтшуллер Г.С., Фильковский Г. "Современное состояние теории решения изобретательских задач".
3. Альтшуллер Г.С. "Алгоритм изобретения". Московский рабочий. 1969.
4. Коротков П.А. "К вопросу прогнозирования методов исследования потоков". Сб. материалов к VI Таллинскому Советанию по электромагнитным расходомерам. Таллин. 1973 г. стр.159.
Анализируется информация из РЖ "Механика" за 1961-1971 гг. (1209 рефератов) по расходомерам различного типа.
5. Киселев О. М. и др. "Опыт прогнозирования развития техники на основе патентных материалов". Ленинград, 1977.
6. Григорян В.О. "Автоматизированная обработка патентной информации при прогнозировании". Ж-л "Вопросы изобретательства", 1976г., N 6, стр.43.
На примере развития ОЗУ (оперативное запоминающее устройство) ЭВМ. Все патенты разделились на 12 рубрик по виду носителя ОЗУ (элемента запоминания). Выделялось три уровня значимости изобретения по рекламе, числу лицензий, реализации и т.п. Применялись экспертные оценки.
Проведенный анализ показал, что наиболее перспективны ОЗУ на молекулярном и атомном уровне, затем на интегральных схемах, магнитных доменах, оптоэлектронных структурах (хороший пример перехода с макро на микроуровень в размере системы).
7. Печатников Ю.Т. и др. "Использование аппарата патентных ссылок для анализа развития технического направления". Ж-л "Вопросы изобретательства", 1976 г., N 5, стр.33.
На примере ОЗУ с подвижными цилиндрическими магнитными доменами.
Оценку изобретения делают с помощью числа ссылок на него. Используют ЭВМ.
8. Stine G.H. "Развитие турбинного расходомера". Экспрессинформация. Всесоюзный институт научной и технической информации. Контрольно-измерительная техника. 1978, N 31.
На нескольких примерах показано влияние авиации на развитие турбинных расходомеров.
Можно рассматривать как хороший пример влияния внешних факторов, приводящего к развитию расходомеров к идеалу.
9. Lomas D.J. "Измерение давления, расхода, скоростей, потоков уровня и объема".
Контрольно-измерительная техника. 1978, N 3, стр.4. Экспрессинформация.
10. Кремлевский П.П. "Расходомеры и счетчики количества". 1975 г.
11. Цейтлин В.Г. "Расходоизмерительная техника". Изд-во стандартов, 1977.
12. Альтшуллер Г.С. и др. "О представлении физических законов, эффектов и явлений в вепольной форме".
13. Горин Ю.В. "Указатель физических эффектов".
14. Липсон Г. "Великие эксперименты в физике". Мир. 1972 г.