



ФОРМУЛЫ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Как решаются задачи в технике, в социальной сфере?
Что общего может быть в решении таких разных задач?
Да, и там, и там есть противоречия, и там, и там есть идеальные решения. Но не только это – есть еще одно неуловимое нечто...

Не решать, а открывать?

В своей консультационной практике я разработал на заказ несколько десятков слоганов для различных фирм. Как разрабатывается слоган для фирмы? Сядишь и фантазируешь? Ничего подобного. Чтобы изобрести слоган для чужой фирмы, ты должен почувствовать себя частью этой фирмы. Должен спрашивать, спрашивать... слушать, слушать... вживаться. Слоган нельзя привнести в фирму извне – он уже существует, просто никто об этом не знает! Ты можешь только почувствовать, вытащить, вербализовать то, что уже давно живет среди сотрудников фирмы, у ее руководителя, витает в воздухе. На итоговый доклад я приходил к заказчику с запасными слоганами. Запасные слоганы были красавцы. Заказчик облизывался, ахал, причмокивал, смакуя шикарные слоганы, но... выбирал всегда свой, родимый – тот, который в нем уже жил. Что я делал? Изобретал слоган? Нет, я просто вытаскивал его на поверхность.

Потом у меня были выборные кампании. И все повторялось, только на другом уровне. Мне опять помогал этот же подход к решению задач. Нельзя прийти в республику, в область, в город с каким-то шаблоном универсальной, может быть, даже самой замечательной стратегии выборной кампании и победить. Вначале кампании можно только настроить свои «антенны» на прием и слушать, впитывать,

накапливать ощущения. А вот когда ситуация прочувствована, тогда решение само вырвется на свободу. Я всегда работал с уверенностью, что решение не надо выдумывать – оно уже существует. Его надо только открыть. А потом уже эта изюминка-стратагема обростала сформулированными идеальными конечными результатами, решенными противоречиями и превращалась в стратегию, тактику, в огромную выборную кампанию. А конкуренты приходили с шаблонами, с решениями извне и... проигрывали.

А началось все с решения технических задач по ТРИЗ.

Всякий раз, решая техническую задачу, я чувствовал, что в ней спрятаны какие-то признаки, которые «нашептывают», где прячется решение, в каких эффектах его искать – в физических, химических, геометрических... Т. е. задача сама знает, как я должен ее решить. Не надо сопротивляться – слушай задачу.

Чудеса – все уже решено! Самые красивые решения вдруг оказываются перед глазами – ведь они с самого начала были спрятаны внутри самой проблемы. Но должно пройти много времени от постановки задачи, формулирования противоречия и идеального конечного результата, чтобы в конце концов «глаза открылись» и ты вернулся в исходную точку и увидел то самое решение, которое существовало с самого начала.

Самые красивые – идеальные решения – не могут быть привнесены извне, они должны быть открыты. А вдруг можно сделать такую методику, которая немного дополняла бы АРИЗ (алгоритм решения изобретательских задач) и помогала быстрее ОТКРЫВАТЬ решения?

Альфа-версия такой методики предлагается вашему вниманию в этой работе.

ПЕРЕХОД ОТ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОТИВОРЕЧИЯ К ИДЕЕ РЕШЕНИЯ

1. ФП В ВИДЕ ФОРМУЛЫ

Попробуем записать физическое противоречие (ФП) в виде формулы. Например, в известной задаче о консервировании крови:

ФП	кровь должна быть холодной, чтобы долго храниться без изменений;	$+C \Rightarrow F_1$
	и должна быть не холодной, чтобы в ней не образовывался лед.	$-C \Rightarrow F_2$

Или сокращенно:
холодной, чтобы выполнять функцию F_1 ;
и не холодной, чтобы выполнять функцию F_2 .

Пусть $(+C)$ – свойство, а $(-C)$ – антисвойство. Получаем формулу ФП в задаче о консервировании крови.

$$\begin{matrix} +C \Rightarrow F_1 \\ -C \Rightarrow F_2 \end{matrix}$$

Запишем формулу ФП для задачи об игольном ушке:

ФП	ушко должно быть большим, чтобы пропускать нить;	$+C \Rightarrow F_1$
	и должно быть не большим, чтобы не дырывать ткань.	$-C \Rightarrow F_2$

Такая формула описывает любое ФП. Что сделать, чтобы появилось искомое различие в формулах? Следующий шаг – углубление ФП (обострение до предела). Здесь следует хорошо разобраться. Дело в том, что в традиционной трактовке в ТРИЗ «носителю» приписывается «свойство». Например: носитель – кровь, свойство – горячая или холодная (носитель – это объект, к которому предъявляются противоречивые свойства; назовем его НПС – носитель противоречивого свойства). В углубленной трактовке ФП я предлагаю «раздробить» свойство (C) на две составляющие – на изменяемый параметр (ИП) и его размер (P) .

$$C = ИП + P$$

Так, в задаче о консервировании крови:

$+C$ (холодная) = ИП (поле температурное) + P (малый);

$-C$ (горячая) = ИП (поле температурное) + P (большой).

Прделаем такую же операцию с задачей об игольном ушке.

НПС – игольное ушко;

$+C$ (большая величина) = ИП (вещество) + P (большой);

$-C$ (малая величина) = ИП (вещество) + P (малый).

Таким образом, мы выявили следующее:

- изменяемый параметр (ИП) может быть ПОЛЕвым (см. задачу о крови), а может быть ВЕЩЕСТВенным (см. задачу об игольном ушке);

- размер (P) – либо большой, либо малый.

Чтобы получить обострение ФП, нужно большой размер оставить прежним (что мы и будем делать дальше), а малый убрать до нуля, и тогда исчезает ИП – поле или вещество.

Углубленное физическое противоречие (УФП) в таком случае выглядит так:

УФП	холод должен быть, чтобы сохранялась кровь;	$P \Rightarrow F_1$
	и не должен быть, чтобы не образовывался лед.	$\Rightarrow F_2$

Формула означает, что P (поле) должно быть, чтобы выполнять первую функцию, и не должно быть, чтобы выполнялась вторая функция:

УФП	ушко должно быть, чтобы пропускать нить;	$V \Rightarrow F_1$
	и не должно быть, чтобы не дырывать ткань.	$\Rightarrow F_2$

Таким образом, получены две существенно различные формулы ФП.

Обобщенная формула ФП может быть представлена теперь в следующем виде:

$$\begin{matrix} \text{ФП} \\ \text{НПС} \end{matrix} \begin{matrix} \Rightarrow \\ \Rightarrow \end{matrix} \begin{matrix} +C = ИП + P_1 \Rightarrow F_1 = D_1 + OF_1 \\ -C = ИП + P_2 \Rightarrow F_2 = D_2 + OF_2 \end{matrix}$$

где:

НПС – носитель противоречивого свойства;

$\pm C$ – свойство и антисвойство;

ИП – изменяемый параметр;

$P_{1,2}$ – размер;

$F_{1,2}$ – функция;

$D_{1,2}$ – действие функции;

$OF_{1,2}$ – объект функции.

Все многообразие физических противоречий объясняется различием элементов этой обобщенной формулы и их взаимосвязью.

Всего существует шесть формул ФП, некоторые из них имеют подформулы.

Ниже приводятся все формулы с примерами и алгоритм определения формулы для конкретного ФП.

2. АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМУЛЫ ФП

1. Простая формула

$$\begin{matrix} +C \Rightarrow F_1 \\ -C \Rightarrow F_2 \end{matrix}$$

Формула ФП остается прежней (без углубленной трактовки ФП) в трех случаях:

а) Носителем противоречивого свойства (НПС) является изделие V_1 .

Пример: требуется распилить тонкие пластины, но они при этом ломаются (изделие в этом случае – пластины).

ФП	Пластины должны быть толстыми, чтобы их можно было пилить;
	и должны быть тонкими по условию (т. е. это не обсуждается).

Примечание. Вторая функция в этом ФП не определена. Причин, по которым пластины должны быть тонкими, может быть много, но на решение мини-задачи (без изменения надсистемы) это не повлияет.

Когда носителем противоречивого свойства является изделие, то углубление ФП невозможно. Например:

ФП	пластины должны быть, чтобы было удобно их пилить; и их не должно быть по условию (допустим, прозрачности или малого веса...).
----	---

Дело в том, что такое ФП переводит задачу из мини- в макси- (самые прозрачные и легкие пластины те, которых нет). В этом случае надо решать совершенно новую задачу, и, естественно, у нее будет другое ФП. Формула УФП не должна уводить нас от решения минизадачи. Иначе мы переходим к решению комплекса надсистемных задач. Например, в нашем случае мы перейдем к решению задачи, как вообще обойтись без пластин.

б) Затруднено определение, что является изделием, а что – инструментом.

Носитель противоречивого свойства в ФП либо V_1 – изделие, либо V_2 – инструмент. Но бывают задачи, где трудно определить, что является инструментом, а что – изделием. Обозначим носители противоречивого свойства в таких задачах $V_{1,2}$.

К $V_{1,2}$ принадлежат:

- V_1 – изделие, которое необходимо сохранить во времени, но оно само совершает при этом вредную работу. Изделие как бы превращается в инструмент (кислота, яд, бензин...).
- V_2 – инструмент, который получает обратное отрицательное воздействие от изделия $V_1 \rightsquigarrow V_2$. Инструмент как бы превращается в изделие (сыпучее вещество \rightsquigarrow лоток, лед \rightsquigarrow ледакол).
- Объектом одной из функций F в ФП является носитель противоречивого свойства (НПС).

Пример: необходим бесконечно длинный бассейн, чтобы спортсмен тренировал прохождение дистанции без поворотов.

ФП	Бассейн должен быть длинным, чтобы быть бесповоротным; и должен быть коротким, чтобы не занимать лишнее пространство.
----	--

в) Затруднено определение изменяемого параметра.

Вспомним формулу: $C = ИП + Р$ ИП является либо ПОЛЕвым, либо ВЕЩЕСТВенным. Но встречаются ФП, где ИП не является ни полевым, ни вещественным.

Например: жесткая – мягкая, изменяемая – неизменяемая, прозрачная – непрозрачная и т. д. При попытке свести эти понятия к веществу или полю теряется некоторый смысл и первоначальная задача изменяется в корне.

2. Формула полевая

Формула ФП принимает вид:

$$P \Rightarrow F_1 \\ \Rightarrow F_2$$

если изменяемый параметр полевой.

Пример: необходимо снять окисел с металлической заготовки. Ее нагревают, и за счет разного коэффициента термического расширения окисел отделяется от металла. Но при высокой температуре заготовка портится.

УФП	Тепловое поле должно быть, чтобы отделить окисел; и не должно быть, чтобы не испортить заготовку.
-----	--

3. Формула вещественная

Формула ФП принимает вид:

$$V \Rightarrow F_1 \\ \Rightarrow F_2$$

если изменяемый параметр вещественный, а поле не является объектом какой-либо функции.

Пример: на прокатном стане для лучшей проработки металла используют круглые валики с выступами, но после этой операции поверхность листа получается неровной.

УФП	Выступы должны быть, чтобы прорабатывать металл; и не должны быть, чтобы сохранить поверхность листа ровной.
-----	---

4. Формула вещественно-полевая

Формула ФП принимает вид:

$$V \Rightarrow F_1(P) \\ \Rightarrow F_2$$

если изменяемый параметр вещественный, а поле является объектом какой-либо функции.

Пример: экраны для отражения тепла фиксируются с помощью крепежа, который проводит тепло.

УФП	Крепеж должен быть, чтобы удерживать экраны; и не должен быть, чтобы не проводить тепло.
-----	---

5. Формула с антифункциями

В этой группе объединены ФП, в которых F_2 является антифункцией для F_1 : $F_2 = (-F_1)$ (пропускать – не пропускать, реагировать – не реагировать, и т. д.).

Формула ФП выглядит так:

$$V \Rightarrow F(P) \\ \Rightarrow -F$$

Пример: в пожароопасном помещении нужен безыскровой переключатель тока.

УФП	Вещество должно быть, чтобы проводить ток; и не должно быть, чтобы не проводить ток.
-----	---

6. Формула-зазор

Формула ФП принимает вид:

$$\begin{matrix} 3 \Rightarrow F_1 \\ \Rightarrow F_2 \end{matrix}$$

если изменяемый параметр зазор, а поле не является объектом какой-либо функции (речь идет о защите изделия или инструмента).

Пример: чтобы построить бетонную колонну, нужна скользящая опалубка, но к ней прилипает цемент, скольжения не происходит.

УФП	Зазор должен быть, чтобы скользила опалубка; и не должен быть, чтобы удерживать бетон.
-----	---

Примечание. На первый взгляд возникает желание убрать эту формулу с зазором, а задачи сводить к другой формуле – вещественной, описанной в п. 3. Можно так сделать, но это будет уже другая задача, с другими решениями, о чем мы поговорим в гл. 5 «Алгоритм». Пока же формула с зазором объединяет некоторый круг задач и имеет право на существование.

3. ИДЕИ РЕШЕНИЯ ЗАЛОЖЕНЫ В САМОМ ФП

О восьми подформулах будет рассказано дальше, но даже такая проработка ФП намного приближает нас к идее решения. Так, например, три формулы уже решаются однозначно:

$$\begin{matrix} B \Rightarrow F_1 \\ \Rightarrow F_2 \end{matrix} \quad \text{– применением геометрического эффекта;}$$

$$\begin{matrix} P \Rightarrow F_1 \\ \Rightarrow F_2 \end{matrix} \quad \text{– применением физического эффекта;}$$

$$\begin{matrix} +C \Rightarrow F_1 \\ -C \Rightarrow F_2 \end{matrix} \quad \text{– системным переходом.}$$

Но, оказывается, с помощью формул можно подойти к идее решения еще ближе.

4. ДАЛЬНЕЙШЕЕ ДРОБЛЕНИЕ ФОРМУЛ ФП

1. Формула без углубления

$$\begin{matrix} +C \Rightarrow F_1 \\ -C \Rightarrow F_2 \end{matrix}$$

Все идеи решения по этой формуле сведены в таблице:

Идея	НПС	В ₁	В ₂	В ₃
С+С => (-С)		1	ГП или $\downarrow\downarrow$	3
Мгновенный		4		5 Часто-редко
Переход	Переход	7	Переход	9 Переход
С+(-С)		10	$\downarrow\downarrow$	11
Важно поле		13	НПС: В ₁ ~> В ₂	14 $\downarrow\downarrow$

Пояснения к таблице.
Сначала выясняем, что является носителем противоречивого свойства В₁, В₂ или В₃. Потом по вертикальному столбцу сверху вниз отыскиваем признак, соответствующий ФП. Например, ГП – это геометрический параметр.

Или знаки: \downarrow , $\downarrow\downarrow$, $\downarrow\downarrow\downarrow$, которые указывают на соотношение оперативных времен двух противоположных свойств в физическом противоречии:

- \downarrow : всегда (+С) и всегда (-С), т. е. требуется одновременное выполнение противоположных свойств;
- $\downarrow\downarrow$: (+С) до момента (-С), т. е. требуется мгновенный переход к противоположному свойству;
- $\downarrow\downarrow\downarrow$: сейчас (+С), потом (-С), т. е. противоположные свойства требуются в разное время.

Слева в колонке «решение» вы увидите идею решения ФП. Знак «+» в клеточке под номером 1 означает, что должна быть идея решения для ФП без всяких дополнительных ограничений.

Итак, примеры. Номер пункта соответствует номеру клетке в таблице. Напротив каждого примера буква, по которой вы сможете определить, по какому признаку это ФП имеет данную формулу (см. п. 2).

- Носителем противоречивого свойства является изделие В₁: НПС = В₁
- Затруднено определение, что является изделием, а что инструментом В_{1,2}: (В₁ ~> В₂)
- Затруднено определение изменяемого параметра: ИП=?

1. Требуется распилить тонкие пластины, но они при этом ломаются (а).

ФП	Пластины должны быть толстыми, чтобы их можно было пилить; и должны быть тонкими по условию.
----	---

Ответ: несколько изделий с каким-то свойством С объединяются в систему со свойством (-С).

Схематически: С + С <=> (-С).

Многие задачи на обнаружение сигналов малой энергии решаются с помощью объединения нескольких мизерных импульсов, суммированных в резонансе. Суть та же: С + С <=> (-С).

2. Необходимо в чем-то хранить очень активную кислоту.

ФП	Кислота должна быть активная, по условию; и неактивная, чтобы сохраняться без причинения вреда (б).
----	--

Оперативное время ФП выглядит так: $\downarrow\downarrow$.

Ответ: два или больше химически неактивных компонента хранятся отдельно, при их слиянии получается кислота.

Схема: С + С <=> (-С).

У носителя противоречивых свойств (НПС) варьируется ГП (геометрический параметр).

Чтобы правильно снять ток с острого электронного эмиттера, оно должно быть тонким, но при этом острое не выдерживает нагрузки и сгорает (б).

Ток (В₁) ~> (В₂) острое.

ФП	Острие должно быть толстым, чтобы не сгореть; и должно быть острым по условию.
----	---

Ответ: снимают ток с множества тонких игл. С + С <=> (-С).

6. Инструмент должен быть частым и нечастым (много по числу и мало по числу).

Изготовление листового стекла. Горячее, размягченное стекло катится по роликовому конвейеру и остывает. Чем меньше размер роликов (при этом они ближе стоят друг к другу), тем лучше качество. Но увеличивается сложность прокатного стана (в).

ФП	Ролики должны быть частыми, чтобы было хорошее качество стали;
	и должны быть редкими по условию.

Ответ: вместо прокатного стана используется ванна с жидким оловом. ФП таких типов решается переводом инструмента на микроуровень.

В специальном микроэлектродвигателе должно быть очень много полюсов, но это ведет к усложнению конструкции (в).

Ответ: полюса заменяют определенно расположенной электролитической жидкостью.

7. Инвертирование – добавочное решение для задач, у которых V_1 является НПС, если возникла проблема перемещения V_1 и V_2 относительно друг друга.

Решение: требуется изделие V_1 , безразличное к размещению относительно инструмента V_2 .

8. Принцип действия системы – перемещение инструмента V_2 и изделия V_1 относительно друг друга.

При изготовлении шоколадных конфет в шоколадную форму наливают горячий малиновый сироп. Шоколад плавится (б).

ФП	Малиновый сироп должен быть горячим, чтобы быть жидким;
	и должен быть холодным, чтобы сохранить шоколад.

Ответ: на холодную (ледяную) фигуру из сиропа льют жидкий шоколад.

ФП разрешено путем инверсии – инструмент и изделие меняются местами.

9. Принцип действия системы – перемещение инструмента V_2 и изделия V_1 относительно друг друга.

При высокоточной доводке боковин готового отверстия алмазными брусками их перемещение вглубь материала должно быть как можно меньше, но это непомерно усложняет конструкцию (в).

ФП	Перемещение брусков должно быть небольшим, чтобы была точная обработка;
	и должно быть большим по условию.

Ответ: бруски остаются на своем месте, а отверстие сужается навстречу брускам под действием температурного или другого поля.

Зимой необходим бесконечно длинный бассейн, чтобы спортсмен-стайер тренировался без поворотов (б).

Ответ: вода подвижная, спортсмен неподвижен.

11. Зимой вода в трубопроводе замерзает, и трубы лопаются.

Вода (V_1) ~~~> труба (V_2) (в).

Оперативное время ФП выглядит так: \underline{V} .

ФП	Труба должна быть жесткой по условиям технологии;
	и должна быть мягкой, чтобы уступать льду.

Ответ: в трубу закладывается упругое вещество.

Объединяются два вещества с противоположными свойствами. Так же при хранении бензина, яда закладываются, соответственно, капсулы с ингибитором и противоядием. Чтобы всегда была возможность их обезвредить (\underline{X}).

Ответ во всех этих задачах схематически записывается так: $C + (-C)$.

12. При зажиме детали в тисках портится ее поверхность \underline{X} (б).

ФП	Губки тисков должны быть жесткими, чтобы удерживать деталь;
	и должны быть мягкими, чтобы не повредить деталь.

Ответ: жесткие губки покрыть упругим материалом. $C + (-C)$.

14. Отрицательная обратная связь на инструмент V_1 ~~~> V_2 является принципом действия системы.

Решение: ввести поле, выполняющее главную функцию системы.

При испытаниях динамики моделей в жидкой среде на нее наносят краску. Испытываемую модель помещают в поток воды. Краска окрашивает турбулентные вихри, но при этом быстро расходуется (б).

ФП	Краска должна быть смываемой, чтобы окрасить вихри;
	и должна быть несмываемой, чтобы не расходоваться.

Ответ: разноименно заряженные жидкость и модель будут окрашивать вихри генерированными пузырьками газа.

15. Нужно удерживать в тисках хрупкую деталь сложной геометрической формы. Губки тисков должны подстроиться под форму детали (в).

ФП	Губки тисков должны быть неизменными, чтобы держать деталь;
	и должны быть изменяемыми, чтобы подстроиться под форму детали.

Оперативное время ФП выглядит так: \underline{V} .

Ответ: к губкам изменяемой формы добавляют фиксирующее поле (например, магнитное поле к ферропорошковым губкам или пневматическое к губкам в виде резинового баллона).

ФП разрешается добавлением поля, которое выполняет одно из условий ФП.

2. Формула полевая

$$\begin{matrix} \text{П} \Rightarrow F_1 \\ \Rightarrow F_2 \end{matrix}$$

Примечание: нумерация формул соответствует нумерации в итоговом алгоритме на с. 137.

21) Подформула:

$$\begin{matrix} \text{П} \Rightarrow F_1(V_1) \\ \Rightarrow F_2 \end{matrix} \quad \text{или} \quad \begin{matrix} \text{П} \Rightarrow F_1(V_1) \\ \Rightarrow F_2(V_1) \end{matrix}$$

Идея решения: требуется поле, обеспечивающее $F_1(V_1)$.

Требуется поднять корабль с огромной глубины с помощью понтонов, из которых вытесняется вода. Устройство подачи воздуха в понтонную систему не выдерживает большого давления в системе.

УФП	Давление должно быть, чтобы вытеснить воду;
	и не должно быть по условию, чтобы не разрушить устройство.

Ответ: требуется поле (П), вытесняющее воду. Повышением температуры внутри понтона или электрохимической реакцией (электролиз) можно получить газ, который вытеснит воду.

22) Подформула:

$$\begin{matrix} \text{П} \Rightarrow F_1(V_1) \\ \Rightarrow F_2(V) \end{matrix}$$

V – объект, который не является изделием, но на него тоже воздействует инструмент.

Задача о консервировании крови.

УФП	Холод должен быть, чтобы не испортилась кровь (V_1);
	и не должен быть, чтобы не образовывался лед (V).

Идея решения: ввести дополнительное поле, обеспечивающее $F_2(V)$. В данном случае вводится поле, которое не позволит образовываться льду.

Ответ: высокое давление не позволит образовываться льду при низкой температуре.

23) Подформула:

$$\begin{matrix} \text{П} \Rightarrow F_1(V) \\ \Rightarrow F_2(V_1) \end{matrix}$$

Идея решения: требуется новое поле, обеспечивающее $F_1(V)$.

Необходимо снять окисел с металлической заготовки. Ее нагревают, и за счет разного коэффициента термического расширения окисел отделяется от металла. Но при высокой температуре заготовка портится.

УФП	Тепловое поле должно быть, чтобы отделить окисел;
	и не должно быть, чтобы не испортить заготовку.

Ответ: нагревать в гальванической ванне, где нагреется только окисел.

Чтобы хорошо перевести рисунок, нужно хорошо надавить инструментом на окрашивающую бумагу, но она рвется.

УФП	Давление должно быть, чтобы лучше наносить краску;
	и не должно быть, чтобы не порвать бумагу.

Ответ: нагреть инструмент.

24) Если в физическом противоречии есть функция – перемещение, то формула ФП следующая:

$$\begin{matrix} \text{П} \Rightarrow F_1(V') \\ \Rightarrow F_2(V'') \end{matrix}$$

Идея решения: требуется поле, обеспечивающее $F_2(V'')$.

В задачах с такой формулой затруднительно определить, где изделие V_1 , а где инструмент V_2 , и это, как правило, не помогает в решении задачи. Поэтому в формуле введены новые обозначения V' и V'' .

Задача про опыление цветков.

УФП	Ветер должен быть, чтобы переносить пыльцу;
	и не должен быть, чтобы не закрывались лепестки.

Ответ: требуется поле, не позволяющее закрываться лепесткам.

При протекании жидкого кислорода по трубам, внутри образуются пузырьки газообразного кислорода. Требуется отделить жидкий кислород от газообразного.

УФП	Перемещение должно быть, чтобы транспортировать жидкий кислород (V');
	и не должно быть, чтобы успокоилась жидкость и всплыли пузырьки газа (V'').

Ответ: закрутить жидкий кислород вокруг оси трубы, более легкий газ смещается в центр – это упрощает сепарацию.

3. Формула вещественная

$$\begin{matrix} V \Rightarrow F_1 \\ \Rightarrow F_2 \end{matrix}$$

28) Соотношение между изделием и инструментом такое:

$$V_1 \sim V_2 \text{ или } V_1 \sim V_2 \sim V$$

Т.е. инструмент, кроме положительного, оказывает еще и отрицательное действия на изделие.

Идея решения: разрешение ФП во времени.

уФП	Шасси должны быть, чтобы посадить самолет;
	и не должны быть, чтобы не мешать в полете.

Самолет < шасси.

Ответ: шасси убираются в полете.

Необходима иголка с большим и с маленьким ушком.

Ткань < игла < нить.

уФП	Ушко должно быть, чтобы принять нить;
	и не должно быть, чтобы сохранить ткань.

Ответ: ушко изменяемой формы.

29) Соотношение между изделием и инструментом такое:

$$V_1 \sim V_2 \sim V, \text{ или } V_1 \sim V_2 \sim V$$

Идея решения 1: использование внутреннего объема инструмента V_2 .

Идея решения 2: использование внутреннего объема изделия V_1 .

Крепеж (V_2) удерживает обмотчик (V_1). Обмотчик, вращаясь, стягивает нить (V), установленную вместе с крепежом на станине. При этом нить вместо того, чтобы проходить сквозь крепеж, наматывается на него и рвется.

уФП	Крепеж должен быть, чтобы удерживать обмотчик;
	и не должен быть, чтобы пропускать нить.

Ответ: внутри крепежа должно быть отверстие, сквозь которое проходит нить к обмотчику.

Здесь относятся и циклические системы, где V_1 половину периода – изделие, а половину периода – инструмент (по формуле как V).

Компрессор (V_2) работает на сжатии и расширении газа (V_1). При сжатии лучше, чтобы газа вообще не было.

Ответ: используют газ, который при сжатии превращается в твердое тело с минимальным объемом.

В емкость (V) для лабораторных испытаний образца (V_1) налита кислота (V_2). Емкость портится, и ее приходится менять.

уФП	Кислота должна быть, чтобы действовать на образец;
	и не должна быть, чтобы сохранять ящик.

Ответ: емкость делается из материала образца, который и испытывается.

4. Формула вещественно-полевая

$$V \Rightarrow F_1(\Pi) \\ \Rightarrow F_2$$

27) Подформулы:

$$V \Rightarrow F_1(\Pi) \\ \Rightarrow F_2$$

$$V \Rightarrow F_1(\Pi) \\ \Rightarrow F_2(\Pi)$$

Решение 1: видоизменение или замена вещества, чтобы выполнить F_2 .

При индукционной плавке бериллия в руду добавляют проводник поля, но он портит химический состав будущего металла.

уФП	Вещество должно быть, чтобы проводить поле;	$V \Rightarrow F_1(\Pi)$ $\Rightarrow F_2$
	и не должно быть, чтобы не загрязнять металл.	

Ответ: вместо чужеродного вещества добавлять в руду чистый бериллий, который тоже проводит поле.

Решение 2: замена вещества на поле, обеспечивающее F_1 .

Требуется закрепить экраны для отражения тепла.

уФП	Крепеж должен быть, чтобы соединять экраны;	$V \Rightarrow F_1$ $\Rightarrow F_2(\Pi)$
	и не должен быть, чтобы не проводить тепло.	

Ответ: удерживать экраны электростатической силой.

Разделить физические противоречия этой формулы на две группы и точно сказать, что эта решается введением поля, а эта – заменой вещества, пока не удалось.

5. Формула с антифункциями

$$V \Rightarrow F \\ \Rightarrow -F$$

16) Подформулы:

$$V \Rightarrow F(\Pi) \\ \Rightarrow -F(V')$$

$$V \Rightarrow F(V') \\ \Rightarrow -F(\Pi)$$

$$V \Rightarrow F(V'') \\ \Rightarrow -F(V'')$$

Здесь V' и V'' лежат на разных ступенях шкалы динамизации. Например, V' газ – V'' твердое тело или V' твердое тело – V'' сыпучее вещество и т. д.

А знак «-F» – означает, что это антифункция для «F».

Идея решения: использование пленки, пены, воздушной завесы.

Задача о перевозке жидкого шлака.

УФП	Крышка должна быть, чтобы не проходило тепло;	$V \Rightarrow F(P)$
	и не должна быть, чтобы проходил шлак.	$\Rightarrow -F(B')$

Ответ: крышка образуется из пены.

Задача об отбивке мяса.

УФП	Покрытие должно быть, чтобы задерживать брызги;	$V \Rightarrow F(B')$
	и не должно быть, чтобы пропускать удар.	$\Rightarrow -F(P)$

Ответ: покрытие из пленки, воздушная завеса.

Зимой в автопарке требуются ворота, чтобы задерживать холодный воздух, но это затрудняет проезд.

УФП	Ворота должны быть, чтобы задерживать холодный воздух;	$V \Rightarrow F(B')$
	и не должны быть, чтобы пропускать машины.	$\Rightarrow -F(B'')$

Ответ: воздушная завеса вместо двери.

17) Подформулы:

$$\begin{aligned} V &\Rightarrow F(B') \\ &\Rightarrow -F(B'') \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &\Rightarrow F(B') \\ &\Rightarrow -F(B'') \end{aligned}$$

Когда B' и B'' лежат на одной ступени шкалы динамики.

Идея решения: ответ основан на различии двух веществ B' и B'' по физическим свойствам (восприимчивость к магнитному полю, разность температур, влажность, электропроводность, плотность, точки фазовых превращений первого или второго рода и т. п.).

УФП	Вещество должно быть, чтобы задерживать больные семена;
	и не должно быть, чтобы пропускать здоровые.

Ответ: у больных и здоровых зерен разная степень набухания, поэтому они по-разному впитывают в себя какое-нибудь управляемое вещество.

18) Подформула:

$$\begin{aligned} V &\Rightarrow F(P) \\ &\Rightarrow -F(P) \end{aligned}$$

Идея решения: введение вещества, управляемого полем.

Задача про сверхскоростную кинокамеру.

УФП	Вещество должно быть, чтобы задерживать свет;
	и не должно быть, чтобы пропускать свет.

Ответ: кристалл, управляемый электрическим полем, может отклонить путь прохождения светового луча.

Так решаются все ФП этой подформулы. Но у некоторых ФП есть дополнительное решение: требуется заменить B на P , выполняющее ту же функцию.

19) Подформула:

$$\begin{aligned} P &\Rightarrow F(B') \\ &\Rightarrow -F(B') \end{aligned}$$

Здесь, как и в предыдущей формуле, есть два решения, и нельзя сказать, какое требуется для конкретного ФП.

При уничтожении клеток опухоли облучением погибают и здоровые клетки организма.

УФП	Облучение должно быть, чтобы поразить раковые клетки;
	и не должно быть, чтобы сохранить здоровые клетки.

Идея решения 1: требуется геометрически измененное поле.

Ответ: несколько слабых лучей проходят через здоровую ткань под разными углами и пересекаются в опухоли.

Нужно нанести полимерное покрытие на горячее стекло, но иногда полимер вспыхивает.

УФП	Тепловое поле должно быть, чтобы расплавить полимер;
	и не должно быть, чтобы не зажечь его.

Идея решения 2: требуется ввести вещество, оттягивающее или прекращающее вредное действие поля.

Ответ: ввести в атмосферу рабочей зоны азот.

Аналогично этой решается задача о запайке ампул.

УФП	Тепловое поле должно быть, чтобы расплавить горлышко ампулы;
	и не должно быть, чтобы не нагреть нижнюю часть ампулы.

Ответ: нижняя часть ампулы погружается в воду.

20) Подформула:

$$\begin{aligned} V &\Rightarrow F(B') \\ &\Rightarrow -F(B') \end{aligned}$$

Если пересечение оперативных времен $\setminus /$.

Идея решения: вещество вводится и выводится из системы периодически.

Задача о барже, которая разгружается собственным переворачиванием.

УФП	Киль должен быть, чтобы возвращать баржу в вертикальное положение; и не должен быть, чтобы баржа переворачивалась при разгрузке.
------------	---

Ответ: вместо киля используется подвижный груз, который в нужный момент наполняет или освобождает килевое пространство.

Если пересечение оперативных времен имеет вид: X и V .

Идея решения: требуется вещество со смешанными характеристиками, удовлетворяющее как $+F$ так и $-F$

При прыжках с трамплина можно получить травму ударом о водную поверхность.

УФП	Вода должна быть, чтобы затормозить человека; не должна быть, чтобы не ударить (не тормозить) его.
------------	---

Ответ: необходимо вспенить воду, наподобие газировки.

6. Формула – зазор

$$\begin{aligned} 3 &\Rightarrow F_1 \\ &\Rightarrow F_2 \end{aligned}$$

25) Зазор необходим для сохранения изделия.

Идея решения: после получения изделия уничтожить инструмент.

После получения тонкой медной пленки V_1 на пластинке катализатора V_2 необходимо ее снять, но она при этом рвется.

УФП	Зазор должен быть, чтобы легко снять пленку; и не должен быть, чтобы медь контактировала с катализатором.
------------	--

Ответ: пластинку катализатора разрушают кислотой, инертной к меди.

26) Зазор необходим для сохранения инструмента.

Идея решения: между изделием и инструментом помещается изделие, не надделенное вредным для инструмента свойством или полем, которое имеет все изделие.

По лотку перемещается сыпучее вещество V_1 , которое быстро стирает лоток.

УФП	Зазор должен быть, чтобы сохранить лоток; и не должен быть, чтобы поддерживать сыпучее вещество.
------------	---

Ответ: у самой поверхности лотка сыпучее вещество должно быть остановлено (допустим невысокими поперечными перегородками, расположенными по длине всего лотка).

5. АЛГОРИТМ

В этом параграфе говорится об основных трудностях, которые возникают при работе с алгоритмом. Будут приведены примеры, которые позволят решателям «набить руку».

Чтобы определить углубленную формулу ФП вашей задачи, необходимо в обозначенном порядке пройти по блок-схеме, начиная с блока ФП. Напротив каждой формулы – свой массив идей решения, ориентироваться в котором нужно по подформулам.

Практика показала, что примерно лишь для 10 процентов задач затруднен выбор формулы физического противоречия. Выглядит это затруднение так: у вас есть ФП, к нему вы подобрали формулу, строго следуя алгоритму, но если вы отвлечетесь от правил алгоритма, то воображение может подсказать вторую формулу для несколько модифицированного ФП вашей же задачи. Разберемся, почему возникают две формулы и есть ли в этом свой резон.

Появление двух формул у одного ФП вызвано двумя причинами.

Причина 1

Еще в первой части Алгоритма Решения Изобретательских Задач (АРИЗ) мы определяем ТП (техническое противоречие) и встаем перед выбором – по какому из двух направлений идти дальше. И, следовательно, ФП мы формулируем только для одной из половинок ТП. Но существуют некоторые задачи, для которых вторая половинка ТП настолько полно характеризует конфликтную ситуацию, что заставляет нас вновь вспомнить о ней уже при выборе формулы ФП. Отсюда и затруднения при работе с алгоритмом.

(Сейчас и далее держите перед глазами алгоритм, приведенный в конце работы на с. 137.)

Задача о скоростной кинокамере, у которой диафрагма должна открываться и закрываться с очень большой частотой.

ФП	Диафрагма должна быть прозрачной, чтобы проходил свет;	$+C \Rightarrow F_1$
	и должна быть непрозрачной, чтобы задерживать свет.	$-C \Rightarrow F_2$

по признаку (в).

Идея решения: ввести поле.

Другое ФП этой же задачи (но уже углубленное).

УФП	Вещество должно быть, чтобы задерживать свет;	$B \Rightarrow F(\Pi)$
	и не должно быть, чтобы пропускать свет.	$\Rightarrow -F(\Pi)$

антифункция, 3-я подформула.

Задача о бассейне.

ФП	Бассейн должен быть бесконечным, чтобы спортсмен плыл без поворотов;	$+C \Rightarrow F_1$
	и должен быть конечным по условию.	$-C \Rightarrow F_2$

по признаку (б).

Идея решения: инверсия, т. е. пловец «стоит» на месте, а бассейн, т. е. вода, движется.

С другой стороны.

УФП	Перемещение (пловца) должно быть, чтобы плыть без поворотов;	$P \Rightarrow F_1(B_1)$
	и не должно быть, чтобы «не заканчивался» бассейн.	$\Rightarrow -F_2(B)$

полевая формула, вторая подформула, т. к. здесь объект изменения – Поле (перемещение).

Идея решения: ввести дополнительное поле, обеспечивающее $F_2(B)$ (нескончаемость бассейна).

Задача про окраску вихрей в турбулентном потоке (см. п. 14 в разделе 4.1, с. 130).

Здесь (вода) $B_1 \rightsquigarrow B_2$ (краска).

ФП	Краска должна быть смываемой, чтобы окрашивать вихри;	
	и должна быть несмываемой, чтобы долго не расходоваться.	

Идея решения: ввести поле.

УФП	Вещество (краска) должно быть, чтобы окрашивать (П) поток;	$V \Rightarrow F_1(P)$
	и не должно быть, чтобы не расходоваться.	$\Rightarrow F_2'$

Для этой формулы – две идеи решения.

1. Видоизменить или заменить V (краску), чтобы выполнять F_2 (нескончаемость). Например, краской может быть сама вода, которой очень много.

2. Заменить вещество на поле, выполняющее F_1 . Т.е. требуется поле, которое «окрашивает» поток.

Задача об отбивке мяса.

УФП	Вещество должно быть, чтобы не пропускать брызги;	
	и не должно быть, чтобы пропускать поле (удар).	

Идея решения: использовать пленку, пену, воздушную завесу...

УФП-2	Поле (удар) должно быть, чтобы обработать мясо (B_1);	$P \Rightarrow F_1(B_1);$
	и не должно быть, чтобы не было брызг (B).	$\Rightarrow -F_2(B).$

Идея решения: ввести дополнительное поле, обеспечивающее $F_2(B)$ (защиту от брызг).

Задача о нагреве передвигающейся цементной пыли. Нагревают висячими цепями.

ФП	Цепи должны быть частыми, чтобы лучше передавать тепло от воздуха цементу;	$+C \Rightarrow F_1$
	и должны быть нечастыми, чтобы меньше тормозить цемент.	$-C \Rightarrow F_2$

клетка № 6 в верхней табличке алгоритма.

Идея решения: перевод инструмента (цепей) на микроуровень.

По идее Г. С. Альтшуллера, цемент должен двигаться по поверхности расплавленного олова.

С другой стороны,

УФП	вещество (цепь) должно быть, чтобы подводить тепло к внутренним частям цемента;	$V \Rightarrow F_1(P)$
	и не должно быть, чтобы не тормозить цемент.	$\Rightarrow F_2$

Для этой формулы две идеи решения, но вторая существенно отличается. Итак, требуется заменить V на поле, выполняющее подвод тепла к центру цемента. Это может быть СВЧ-поле, которое равномерно нагревает сразу весь объем.

Вторая причина появления двух формул у одного ФП.

Другая причина возникновения двойственности формул связана с тем, что между некоторыми формулами есть много общего. Так, например, все задачи второго пункта формулы:

$$\begin{matrix} 3 \Rightarrow F_1 \\ \Rightarrow F_2 \end{matrix}$$

характеризуются таким отношением: $B_1 \rightsquigarrow B_2$.

Значит, пункты: 2,5,8,11,14, т. е. столбец $B_{1,2}$ в таблице, тоже содержит решения для этих задач. И хотя формула и ФП остаются прежними, надо посмотреть, какие решения подсказывает эта таблица.

Задача о перемещении сыпучего вещества по лотку (сыпучее вещество истирает лоток).

УФП	Зазор должен быть, чтобы сохранить лоток;	
	и не должен быть, чтобы поддерживать сыпучее вещество.	

Смотрим сверху вниз во второй столбец таблицы для формулы:

$$\begin{matrix} +C \Rightarrow F_1 \\ -C \Rightarrow F_2 \end{matrix}$$

Клетка № 2 не подходит, т. к. оперативное время не такое $\sqrt{\quad}$ и в задаче не говорится о геометрическом параметре (ГП).

Клетка № 8 подходит, потому что у нас в задаче говорится о перемещении. Итак, идея решения – инверсия. Т. е. изделие и инструмент меняются местами.

Ответ: сыпучее вещество остается неподвижным относительно лотка, а лоток перемещается. Это транспортер.

Клетка № 11 подходит: оперативное время \underline{V} (т. е. зазор должен быть до тех пор, пока не остановится сыпучее вещество).

Идея решения: $C + (-C)$ (т. е. подвижный + неподвижный).

Такое решение нами уже получено в самом начале: с лотком контактирует неподвижное сыпучее вещество, по которому перемещается такое же сыпучее вещество.

Задача о лабораторных испытаниях образца.

уФП	Кислота должна быть, чтобы действовать на образец;	$V \Rightarrow F_1$
	и не должна быть, чтобы не портить ящик.	$\Rightarrow F_2$ $V_1 \leftarrow V_2 \rightsquigarrow V$

Идея решения: использовать внутренний объем V_1 (емкость делается из материала образца, который и испытывается).

уФП-2	Кислота должна быть активная, чтобы разъедать образец (V_1);	$\Pi \Rightarrow F(V')$
	и должна быть неактивная, чтобы не разъедать ящик (V).	$\Rightarrow -F(V'')$

формула антифункция, вторая подформула.

V' и V'' (т. е. образец и ящик) на одной ступени шкалы динамизации, следовательно, в ответе должен использоваться некий физический эффект по защите V'' .

Задача о резке металла.

На металлическом столе (V_2) лежит деталь (V_1), которую режут струей плазмы (V).

уФП	Стол должен быть, чтобы поддерживать деталь;	$V \Rightarrow F_1$
	и не должен быть, чтобы пропускать плазму.	$\Rightarrow F_2$ $V_1 \leftarrow V_2 \rightsquigarrow V$

Идея решения: использовать внутренний объем V_2 (т. е. стол, пропускающий плазму сквозь себя, но удерживающий деталь). Стол с подвижным отверстием.

С другой стороны,

уФП-2	вещество должно быть, чтобы не пропускать деталь;	$V \Rightarrow F(V)$
	и не должно быть, чтобы пропускать плазму.	$\Rightarrow -F(\Pi)$

Идея решения: использовать пленку, пену, воздушную завесу, воздушную подушку...

Вот примерно такие задачи вызывают самые большие трудности при определении формулы ФП. В большинстве же случаев выбор формулы происходит гораздо проще.

6. ПРОГНОЗ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ АЛГОРИТМА

Есть три явных возможности для развития этого алгоритма.

- Одна из них заключается в том, что с привлечением новых объемов задач (т. е. при наборе статистики) произойдет

дальнейшее дробление подформул. Проявятся новые признаки, которые конкретизируют двойные решения, а также т. н. дополнительные решения в некоторых подформулах. Развитие этого направления даст возможность еще ближе подойти к идее решения после определения ФП.

- Следующая возможность развития – выявление и разработка связи формул ФП с вепольным анализом и стандартами.
- И третье. Компьютерная программа на основе алгоритма перехода от ФП к идее решения инструментами ТРИЗ.

7. ВЫВОДЫ

Физические противоречия обрели свои формулы, и за каждой формулой определился свой массив идей решения. Воспользовавшись алгоритмом перехода после определения ФП по АРИЗ, решатель не только ориентируется в информационном фонде ТРИЗ, получая представление, где искать решение (в геометрических, физических эффектах или надсистемных переходах), узнает идею решения, которая образным языком описывает будущее решение задачи. Т. е. можно говорить о том, что данный алгоритм практически устраняет перебор информационного фонда при переходе от ФП к идее решения.

Кроме того, появился ряд существенных сверхэффектов, которые помогут решателям на других этапах работы по АРИЗ.

Так, например, во время решения задач с аудиторией формулируется столько ФП, сколько людей решает задачу. А если пользоваться формулами ФП, такой ситуации не возникает.

Также в определенных задачах для нахождения идеи решения ФП не требуется выяснять, что является изделием, а что инструментом (см. задачу о переносе пыли, о транспортировке жидкого кислорода по трубе). Следующий эффект заключается в том, что после алгоритма перехода от ФП к идее мы выходим на физэффекты не с противоречием, а с условием, которое сформулировано в идее решения (см., в частности, полевою формулу).

Еще один сверхэффект, может быть, самый интересный, заключается в следующем: в ТРИЗ существуют разработки т. н. абсолютных операторов. Они построены на различных принципах, но каждый оператор, состоящий из простейшего правила, обязан, якобы, разрешить любое противоречие. Есть операторы, которые прекрасно решают некоторый класс задач. Но все они лежат мертвым грузом и пока не были задействованы в АРИЗ. Почему? Потому что слишком много сбоев.

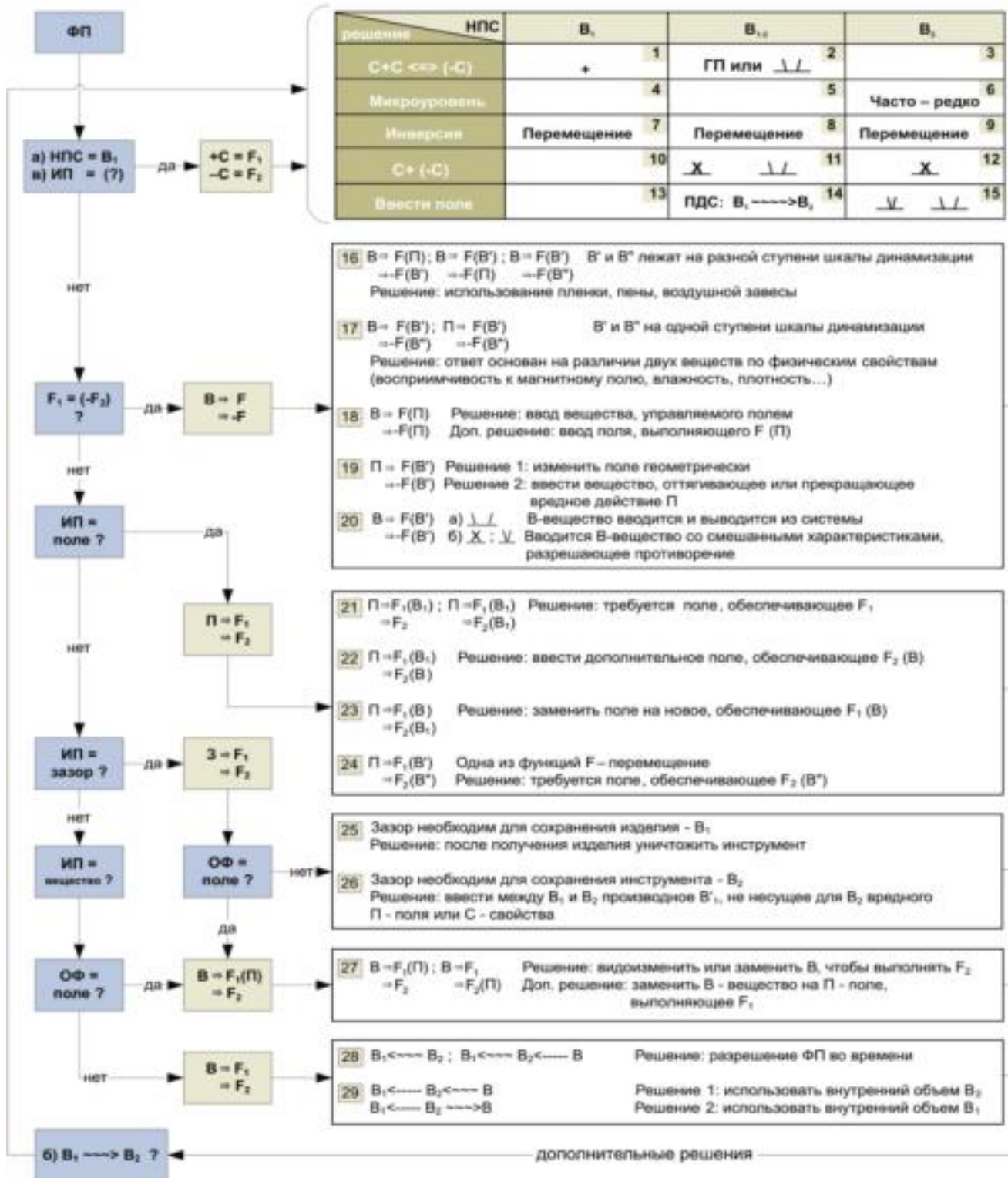
А дело в том, что одни и те же ходы решения (простейшие правила) не могут быть использованы одинаково для всех ФП, ибо у них слишком разные формулы, о которых авторы пока не догадывались.

Так вот, самый интересный сверхэффект от представленной работы состоит в том, что она позволяет «спроецировать» на пространство формул любую разработку (например, абсолютный оператор). При этом мы увидим, в какой формуле или подформуле разработка принципиально не будет работать, увидим примеры, это подтверждающие, иногда увидим механизмы управления очередным «абсолютным оператором».

Это позволит воспользоваться в АРИЗ абсолютными операторами, которые пока используются недостаточно.

А еще формулы дадут возможность разработчикам классической ТРИЗ мгновенно проверять свои предположения.

АЛГОРИТМ ПЕРЕХОДА ОТ ФП К ИДЕЕ РЕШЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАМИ ТРИЗ



ПРИМЕЧАНИЕ: ОФ – объект функции
 ИП – изменяемый параметр
 П – поле
 V – вещество
 ГП – геометрический параметр
 ПДС – принцип действия системы
 НПС – носитель противоречивого свойства