

К читателям сайта "TRIZLand"

Дорогой читатель вам представляется еще одна книга из серии "Профессиональный ТРИЗ". Цель книги - углубленное изучение вепольного анализа. Это один из разделов ТРИЗ. Прежде чем читать эту книгу, следует познакомиться с основами ТРИЗ¹.

Вепольный анализ один из основных разделов ТРИЗ. Он необходим как при постановке, так и при решении задач. Вепольный анализ необходим для построения и преобразования структурной модели системы. Вепольный анализ - язык построения модели системы. Используя тенденции развития веполей, можно прогнозировать развитие существующих систем. Кроме того, тенденции развития веполей используются в системе стандартов на решение изобретательских задач.

Книга доступна для самостоятельного изучения ТРИЗ.

Я надеюсь, что эта книга позволит вам системно и углубленно узнать вепольный анализ.

Выражаю глубокую благодарность Виктору Тимохову за инициативу и предложение опубликовать мою книгу на сайте "TRIZ". Он проделал колоссальную работу по редактированию книги и внес ценные замечания и предложения по улучшению содержания книги, за что я ему чрезвычайно признателен.

С уважением и наилучшими пожеланиями

Владимир Петров
13 декабря 2002 г. Тель-Авив, Израиль

¹ Злотин Э., Петров В. Введение в теорию решения изобретательских задач. – Тель-Авив, 1999.
<http://www.trizminsk.org/e/23110.htm>

Петров В. Основы теории решения изобретательских задач. – Тель-Авив, 2000.
<http://www.natm.ru/triz/articles/petrov/00.htm>

Петров В. Базовый курс по теории решения изобретательских задач. – Тель-Авив, 2000.
<http://www.trizfido.narod.ru/00/petrov.htm>

Петров В., Злотина Э.

СТРУКТУРНЫЙ ВЕЩЕСТВЕННО-ПОЛЕВОЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЕ

К читателям сайта "TRIZLand"	1
Введение	3
1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	3
1.1. Понятие вепольного анализа.....	3
1.2. Виды вепольных систем.....	5
1.3. Виды вепольных структур.....	6
1.4. Виды вепольных систем для измерения и обнаружения.....	8
1.4.1. Генерирование поля.....	8
1.4.2. Преобразование поля.....	9
1.4.3. Видоизменение поля.....	10
2. ВИДЫ ВЕЩЕСТВ И ПОЛЕЙ.....	13
2.1. Виды полей.....	13
2.1.1. Общие положения.....	13
2.1.2. Примеры использования полей.....	20
2.2. Виды веществ.....	40
2.2.1. Виды веществ, различные по степени связанности.....	40
2.2.2. Виды веществ, различные по степени управляемости.....	43
3. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЕПОЛЕЙ.....	45
3.1. Закон увеличения степени вепольности.....	45
3.1.1. Построение веполей.....	46
3.1.2. Комплексный веполь.....	47
3.1.3. Сложные веполи.....	49
3.1.4. Форсированные веполи.....	53
3.1.5. Нахождение нужного эффекта.....	56
3.1.6. Устранение вредных связей.....	57
4. Виды гипервеполей и тенденции их изменения	61
4.1. Тенденции развития гипервеполей.....	61
4.2. Гравиполи.....	62
4.3. Теполи.....	64
4.4. Феполи.....	65
4.5. Эполи.....	66
Литература	67
ПРИЛОЖЕНИЯ	68
<i>Приложение 1. Основные обозначения вепольного анализа.....</i>	<i>68</i>
<i>Приложение 2. Некоторые виды веществ, отзывчивые на поля.....</i>	<i>71</i>
Алфавитный указатель.....	75

Введение

Разработка данного раздела опирается на работы Г.С.Альтшуллера [1, 2, 3] и И.Л.Викентьева [7].

Наиболее часто встречающиеся вещества и поля были описаны в работах Г.С.Альтшуллера по вепольному анализу.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

1.1. Понятие вепольного анализа

Структурный вещественно-полевой (вепольный) анализ - раздел ТРИЗ, изучающий и преобразующий структуру технических систем.

Вепольный анализ разработан Г.Альтшуллером².

Статистический анализ технических решений показал, что для повышения эффективности технических систем их структура должна быть выполнена определенной. Модель такой структуры называется **веполем**.

Веполь - минимально управляемая техническая система, состоящая из двух взаимодействующих объектов и энергии их взаимодействия. Взаимодействующие объекты условно названы **веществами** и обозначаются **V₁** и **V₂**, а энергия взаимодействия **полем** и обозначается **П**.

Веполь изображается схемой (1.1)



Термин **ВеПолю** произошел от слов "**Вещество**" и "**Поле**".

Вепольный анализ включает в себя определенные правила и тенденции. Эти тенденции подчиняются **закону увеличения степени вепольности**, который будет описан ниже.

Если **V₁** - изделие, **V₂** - инструмент, "обрабатывающий" изделие **V₁**, а **П** - поле (энергия, сообщаемая инструменту), то веполь будет иметь вид (1.2)



Пример 1.1. Обрабатывающий станок имеет привод - источник энергии **П** (поле механических сил), который обеспечивает воздействие рабочего органа (резец, фреза, сверло и т.п.) **V₂** на обрабатываемую деталь **V₁**.

Этот же пример можно представить и другой вепольной формулой (1.3): резец **V₂** действует на деталь **V₁** через механическое поле **П**

² Альтшуллер Г., Гаджиев Ч., Фликштейн И. Введение в вепольный анализ. - Баку, ОЛМИ, 1973, 26 с.
Альтшуллер Г. Вепольный анализ. Методические указания. - Баку, ОЛМИ, 1973, 23 с.



В случае, когда вещество преобразует один вид поля (энергии) Π_1 в другой Π_2 , веполь имеет вид (1.4)



Веполь по формуле (1.4) характерен для преобразователей энергии, которые могут быть представлены в виде генераторов, двигателей, трансформаторов, усилителей, измерительных элементов (датчиков) и т.п.

Пример 1.2. Генератор электрического тока (\mathbf{B}) преобразует вращательное поле (Π_1) механических сил которое может быть изображено и как ($\Pi_{\text{мех}}$), в электрическое поле (Π_2) или ($\Pi_{\text{эл}}$)



Пример 1.3. Трансформатор электрического тока (\mathbf{B}) преобразует переменный электрический ток напряжением одного уровня (Π_1) в переменный электрический ток напряжением другого уровня (Π_2). В связи с тем, что вид поля качественно не меняется, поля можно изобразить как Π' , Π'' , тогда схема веполя по формуле (1.4) можно представить также в виде (1.6)

Существует класс задач, в которых необходимо измерять какие-то параметры



систем или обнаруживать какие-то объекты или их части. Условно такие технические системы будем называть - **измерительные**. Рассмотрим пример построения веполя измерительных систем.

Пример 1.4. Точное измерение вмонтированных в карбидные печи сгорающих электродов без остановки печи осуществляют "на слух" - по изменению шума горящей между ними вольтовой дуги. Не прерывая процесса, их можно установить в оптимальное положение. Такой прибор сконструирован на химическом заводе в Гале³.

Модель такой системы имеет вепольную структуру по формуле (1.7)



где V_1 - прибор "переводящий" шум дуги (звуковое поле Π_1) в некоторый сигнал (поле Π_2 - например, электрический сигнал), используемый затем для регулирования расстояния между электродами.

1.2. Виды вепольных систем

Система, состоящая из одного элемента (вещества V_1 или поля Π_1) или двух элементов (двух веществ V_1, V_2 ; вещества V_1 и поля Π_1) называется **невепольной**.

В общем случае схемы **невепольных** систем могут быть представлены в виде:

$$V_1; \Pi_1 \quad (1.8)$$

$$V_1 \text{ ————— } V_2 \quad (1.9)$$

$$V_1 \searrow \Pi_2 \quad (1.10)$$

С помощью стрелочек указывается направление взаимодействия элементов. Так, схемой (1.9) изображены вещества V_1, V_2 связанные между собой каким-то образом (не всегда известным).

Формулой (1.10) показано действие поля Π_1 на вещество V_1 .

Воздействие инструмента V_1 на деталь V_2 может быть изображено формулой (1.11)

$$V_1 \longrightarrow V_2 \quad (1.11)$$

и обратное действие V_2 на V_1 показано на схеме (1.12)

$$V_1 \longleftarrow V_2 \quad (1.12)$$

Схема (1.13)

$$V_1 \longleftrightarrow V_2 \quad (1.13)$$

описывает **взаимодействие** веществ V_1 и V_2 .

³ Изобретатель и Рационализатор, № 3, 1979, МИ 0338, с. 3.

Аналогично обозначаются взаимодействия полей.

Кроме того, воздействия могут быть **неэффективными** или **недостаточными**, и обозначаться прерывистой линией, как показано на схеме (1.14)

$$V_1 \text{ --- } V_2 ; \quad V_1 \text{ - - } \rightarrow V_2 ; \quad V_1 \leftarrow \text{ - } \rightarrow V_2 \quad (1.14)$$

или **вредными, нежелательными**, обозначающиеся волнистой линией

$$V_1 \text{ ~~~~ } V_2 ; \quad V_1 \text{ ~~~~ } \rightarrow V_2 ; \quad V_1 \leftarrow \text{ ~~~~ } \rightarrow V_2 \quad (1.15)$$

Схема (1.16)

обозначает процесс выделения или генерации поля веществом и может описывать явления, происходящие в **магните** (V_1 - магнит, Π_1 - магнитное поле), **радиоактивный распад** вещества (V_1 - радиоактивное вещество, Π_1 - излучение), **генерацию звука, распространение каким-либо веществом запаха** и т.п.

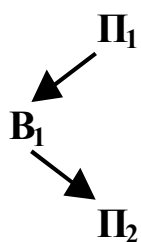
1.3. Виды вепольных структур

Простейшие вепольные модели изображены схемами (1.1), (1.3) и (1.4). Более сложные веполи могут быть представлены в виде их комбинаций.

Пример 1.5. Как определить скрытые дефекты, например, усталостные трещины в лопатках турбины авиадвигателя?

Для этого к лопатке подводят источник, возбуждающий механические колебания (катушка индуктивности). Катушка через усилитель мощности соединена с генератором электрических колебаний. Меняя частоту колебаний генератора, доводят ее до резонансной. Рядом с лопаткой ставят микрофон, передающий эти колебания в электрическом виде на осциллограф. По изменению формы колебаний судят о наличии усталостной трещины⁴.

Основное в данном решении - дефект определяют "по звуку". Для того лопатку приводят в колебательное движение с помощью соответствующего поля. В такой трактовке веполь соответствует формуле (1.4)



где

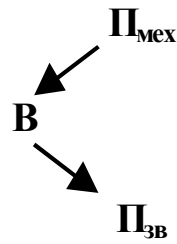
Π_1 - поле механических колебаний (его можно обозначить $\Pi_{\text{мех}}$ или $\Pi_{\text{кол}}$),

V - лопатка,

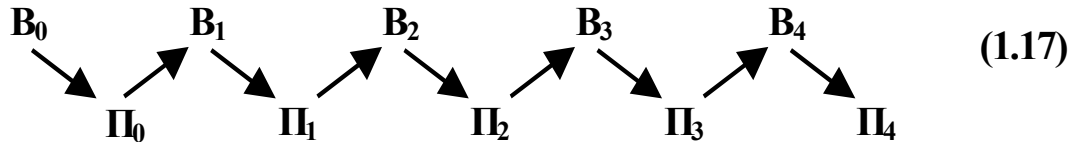
Π_2 - звуковое поле - колебание воздуха ($\Pi_{\text{зв}}$),

тогда этот веполь можно изобразить аналогично формуле (1.5)

⁴ Изобретатель и Рационализатор, № 1, 1974, с. 22.



Это же решение можно представить более сложным веполем



где

- B_0 - генератор электрических колебаний;
- Π_0 - поле электрических колебаний;
- B_1 - катушка индуктивности;
- Π_1 - переменное магнитное поле (генератор механических колебаний);
- B_2 - лопатка;
- Π_2 - звуковое поле;
- B_3 - микрофон;
- Π_3 - электрический сигнал;
- B_4 - осциллограф;
- Π_4 - световой сигнал (изображение колебаний на экране осциллографа).

Такой веполю называется **цепным**

При желании эту модель можно усложнить еще больше.

В веполе (1.17) представлено несколько различных систем:

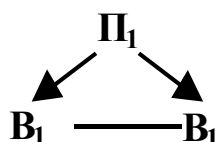
- B_0, Π_0 - генератор электрических колебаний;
- B_1, Π_1 - электрическая катушка;
- B_3, Π_3 - микрофон;
- B_4, Π_4 - осциллограф.

Все эти системы вспомогательные. Главная идея измерение "тона звука" Π_2 , которое получается в результате возбуждения полем Π_1 лопатку B_2 . Данное решение может быть осуществлено и другим образом, например, возбуждать и снимать колебания можно с помощью пьезопреобразователей.

В качестве еще одной разновидности сложных веполей можно привести **двойной веполю**.



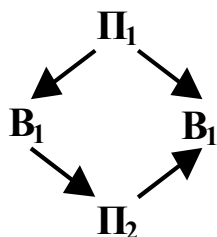
Пример 1.6. Разлив жидкого металла (B_1) из ковша (B_2) осуществляется из донного отверстия под действием гравитации (Π_1).



Такой разлив осуществляется неравномерно, так как зависит от высоты столба жидкого металла (от гидростатического напора). Как сделать разлив равномерным?

Чтобы сделать разлив равномерным необходимо компенсировать действие силы гравитации, т.е. воздействовать еще одним полем - перейти к двойному веполю.

Гидростатический напор регулируют высотой металла над отверстием разливочного ковша, вращая (Π_2) металл в ковше, например, электромагнитным полем⁵



1.4. Виды вепольных систем для измерения и обнаружения

Специфичен тип веполей для задач на **измерение** параметров или **обнаружение** объектов. Этот тип веполей описывается тремя видами вепольных формул (1.19), (1.20) и (1.21).

Для обнаружения вещества B_1 , к нему присоединяют вещество B_2 , которое может:

- генерировать поле Π_1 - формула (1.19);
- преобразовывать поле Π_1 в поле Π_2 (1.20);
- видоизменять поле Π' в поле Π'' (1.21).

$$B_1 \Rightarrow B_1 \longrightarrow B_2 \searrow \Pi_1 \quad (1.19)$$

1.4.1. Генерирование поля

Необходимо обнаружить вещество B_1 . Для этого к нему присоединяют вещество B_2 , которое **генерирует** поле Π_1 (1.19). Слева показано, что имеется в системе (что нужно обнаружить или измерить). Двойная стрелка \Rightarrow указывает, что необходимо сделать.

Этим веществом может быть магнит, который излучает магнитное поле; аккумулятор, электрическая батарея или электреты (электрический аналог постоянного магнита), являются источниками постоянного электрического поля; радиоактивное вещество, осуществляющее излучение, вследствие радиоактивного распада вещества; звуковой генератор, излучающий звук; вещества, распространяющие запах и т.п.

⁵ А.с. № 275 331.

Пример 1.7. Как обнаружить загерметизированные отверстия в подводной части корпуса законсервированного корабля?

Для определения местонахождения герметизирующего отверстия, в патрубок до консервации помещают излучающий элемент. Им, например, может быть постоянный магнит, у которого магнитное поле нормально к обшивке корпуса. Обнаруживает это отверстие при помощи индикатора, например, магнитометра, по наибольшей величине местной напряженности магнитного поля⁶.

Здесь

V_1 - герметизированное отверстие в подводной части законсервированного корабля,

V_2 - постоянный магнит,

Π_1 - магнитное поле.

Пример 1.8. Для обозначения места затонувшего объекта к нему прикрепляют радиобуй, дающий сигнал, который является радиомаяком для спасательных средств.

Здесь V_1 - затонувший объект,

V_2 - радиобуй,

Π_1 - радиосигнал (радио поле).

Пример 1.9. В США разработан способ измерения скорости пули с помощью электретов.

Пуля, пролетая над двумя электретами, расположенными на заранее известном расстоянии, изменяет электрическое поле. Этот сигнал улавливается с помощью конденсаторов, подключенных к электретам. Появляются два последовательных импульса, которые можно наблюдать, например, с помощью осциллографа. Скорость полета пули определяют по параметрам этих импульсов и расстоянию между ними.

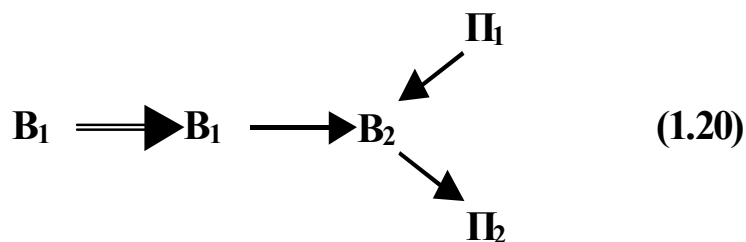
Здесь

V_1 - пуля,

V_2 - электрет,

Π_1 - электрическое поле.

1.4.2. Преобразование поля

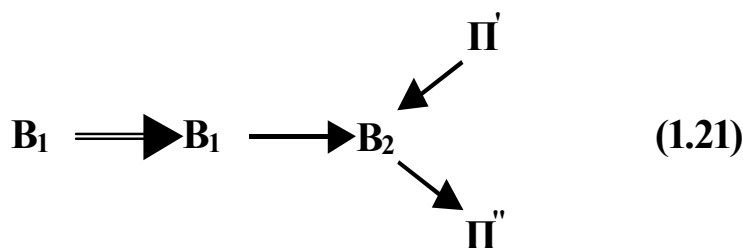


Необходимо обнаружить вещество V_1 . Для этого к нему присоединяют вещество V_2 , на которое воздействуют полем Π_1 и вещество V_2 преобразует его в поле Π_2 (1.20).

Пример 1.10. Для измерения напряжения в изделии (V_1) на него прикрепляют тензометрический или пьезодатчик (V_2), преобразующий напряжение или давление (Π_1 - механическое поле) в электрический сигнал (Π_2 - электрическое поле).

⁶ А.с. 222 892.

1.4.3. Видоизменение поля



Необходимо обнаружить вещество V_1 . Для этого к нему присоединяют вещество V_2 , на которое воздействуют полем Π' и вещество V_2 **видоизменяет** его в поле Π'' (1.21). Поля Π' и Π'' одной и той же природы, как правило, они отличаются количественно.

Пример 1.11. Для того чтобы в темное время суток обнаружить и не сбить пешехода (V_1) к его одежде, обуви или сумке прикрепляют светоотражающий материал (V_2). Свет фар (Π') автомобиля отражается от этого материала, и шофер ведет отраженный свет (Π'').

Пример 1.12. Как определить расположение закрытых подземных дренажей из конструкций, не имеющих металлических деталей?

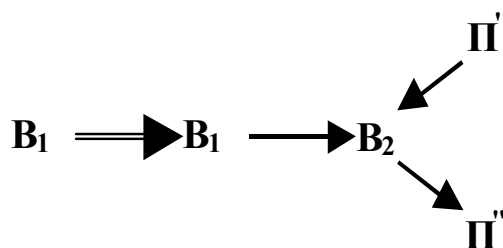
В местах изменения направления и разветвления трасс дренажей устанавливают подземные ферромагнитные метки на глубине в пределах действия индукционных искателей⁷.

Дренажные трубы V_1 ищут путем добавления к ним V_2 , преобразующего электромагнитное поле Π' в электромагнитное поле Π'' .

Пример 1.13. Как обнаружить и сосчитать инородные включения в жидкости?

Исследуемую среду облучают электромагнитными колебаниями сверхвысокой частоты и регистрируют форму и амплитуду рассеянных частицами колебаний, по которым судят о количестве включений в жидкости⁸.

В данном примере формула (1.21) имеет вид



где,

V_1 - жидкость,

V_2 - инородные включения,

Π' и Π'' - электромагнитные поля.

Виды веществ и полей приведены в учебном пособии по вепольному анализу⁹, а основные обозначения - в табл.1.













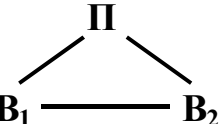
Виды веществ и полей будут описаны ниже.

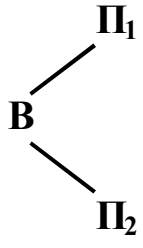
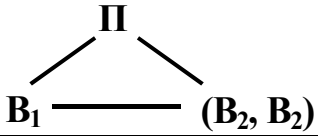
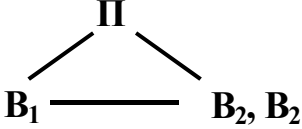
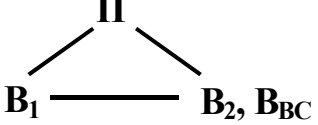
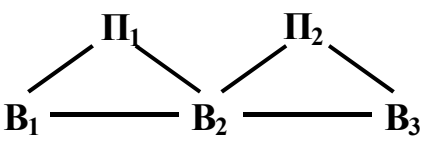
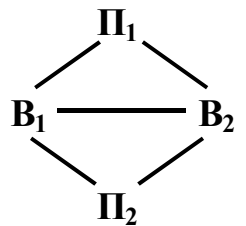
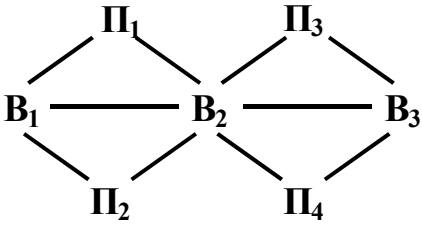
⁷ А.с. № 250 051.

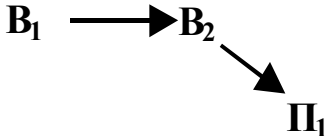
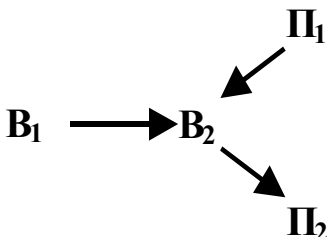
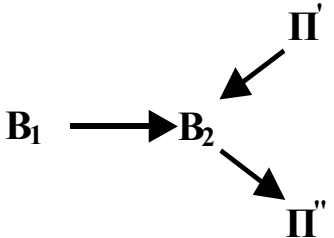

⁸ А.с. № 305 395.

⁹ Петров В., Злотина Э. Структурный вещественно-полевой анализ. Учебное пособие. Тел-Авив, 1992.

Таблица 1. Основные обозначения вепольного анализа.

Обозначения	Назначение
1. В	Вещество (объект или система; часть – подсистема; отдельный элемент системы; материал, из которого состоит элемент; составляющие материала).
2. П	Поле (взаимодействие веществ, представляющее собой энергию или информацию).
3. В ₁ , В ₂ ,...В _n	Качественно отличные вещества .
4. П ₁ , П ₂ ,...П _n	Качественно отличные поля .
5. В', В''	Видоизменение вещества .
6. П', П''	Видоизменение поля .
7. РВ	Совокупность одинаковых веществ – поливещества .
8. МВ	Совокупность частичек вещества на микроуровне - микровещество .
9. В _ф , В _л	Конкретный вид вещества (ферромагнит, люминофор).
10. П _{мех} , П _{маг}	Конкретный вид поля (механическое, магнитное).
11. 	Связь, например, между веществами и полем или двумя веществами.
12. 	Неэффективная связь.
13. 	Вредная связь.
14. 	Направление воздействия.
15. 	Направление неэффективного (недостаточного) воздействия.
16. 	Направление вредного воздействия.
17. 	Взаимодействие.
18. 	Неэффективное взаимодействие.
19. 	Вредное взаимодействие.
20. П 	Входное поле (обычно записывается над веществом - В).
21.  П	Выходное поле (обычно записывается под веществом - В).
22. $\left. \begin{array}{l} В_1 \\ П_1 \\ В_1, В_2 \\ П_1, П_2 \end{array} \right\}$	Невепольная система
23. 	Условное обозначение веполя.
24.	Схемы конкретных видов веполей.
24.1 и 24.2	веполи простые
24.1 	простой веполь

<p>24.2.</p> 	<p>Преобразователь поля, измерительный веполь</p>
<p>24.3-24.5 Комплексные веполь</p>	
<p>24.3.</p> 	<p>Внутренний комплексный веполь</p>
<p>24.4.</p> 	<p>внешний комплексный веполь</p>
<p>24.5.</p> 	<p>внешний комплексный веполь на внешней среде</p>
<p>24.6-24.7 Сложные веполь</p>	
<p>24.6.</p> 	<p>цепной веполь</p>
<p>24.7.</p> 	<p>двойной веполь</p>
<p>24.8.</p> 	<p>Смешанный веполь</p>

24.9-24.11	Измерительные веполи
24.9. 	B ₂ генерирует поле П ₁
24.10. 	B ₂ преобразует поле П ₁ в П ₂
24.11. 	B ₂ преобразует характеристики поля из П' в П''
25. 	Знак преобразования модели исходной ТС в желательный веполь.

2. ВИДЫ ВЕЩЕСТВ И ПОЛЕЙ

2.1. Виды полей

2.1.1. Общие положения

В вепольном анализе термин "поле" используется в широком смысле. В общем случае это энергия взаимодействия веществ, а также энергия или информация, выделяемые веществом. Под указанным термином будем понимать все известные **физические поля, химическое, биологическое** и т.д.

Интенсивность поля может быть самой разнообразной: минимальной в информационных и измерительных системах, средней, большой и даже сверхбольшой - при преобразовании или изменении веществ. Поэтому поле может быть в виде энергии (в задачах на изменение) и в виде информации (в задачах на обнаружение или измерение).

Согласно [законам](#) перехода на микроуровень и повышения степени вепольности эффективность технической системы увеличивается при использовании более **управляемых полей**.

Увеличение степени управляемости полей осуществляется по двум направлениям:

- замена **вида поля** (рис. 2.1)
- своеобразному переходу **МОНО-БИ-ПОЛИ** для полей (рис. 2.2).

МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕХОДА К БОЛЕЕ УПРАВЛЯЕМЫМ ПОЛЯМ



Рис. 2.1.

Замена вида поля на более управляемое может осуществляться в следующей последовательности: **гравитационное, тепловое, механическое, электромагнитное, химическое, биологическое** и любые комбинации этих полей. Опишем тенденции изменения наиболее употребительных в технических системах полей.

ТЕНДЕНЦИИ УВЕЛИЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОЛЯ

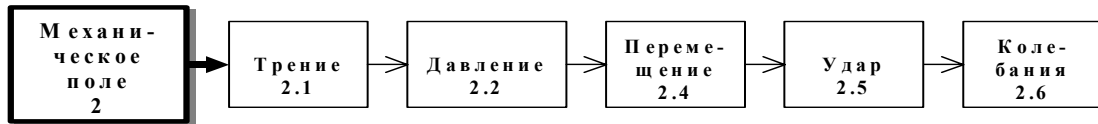


Рис. 2.1.1.

Механическое поле по степени управляемости можно расположить в следующей последовательности: поля *трения, давления, линейного перемещения, центробежных сил, акустическое поле*.

Электромагнитное поле можно рассматривать во всем его диапазоне от *радио- до гамма-излучений*. Рассмотрим только наиболее употребительные из них. Степень

ТЕНДЕНЦИИ УВЕЛИЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

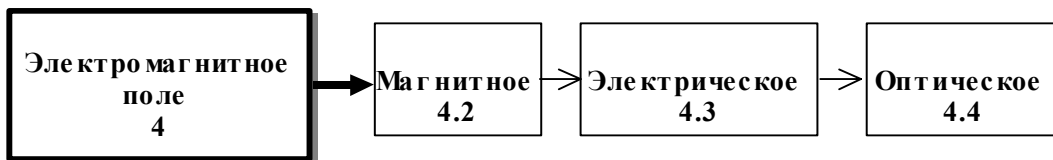


Рис. 2.1.2.

управляемости увеличивается, если последовательно использовать следующие

ТЕНДЕНЦИИ УВЕЛИЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ПОЛЯ

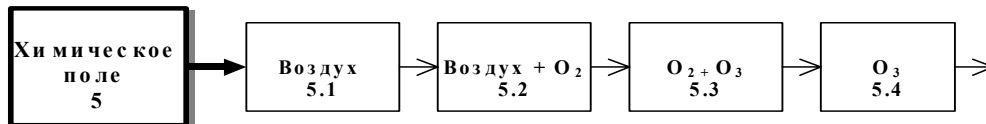


Рис. 2.1.3.

электромагнитные поля: *магнитное, электрическое, оптическое*.

Использование этих полей в технике имеют свои тенденции, которые авторы назвали **гипервеполи**.

Увеличение степени управляемости химических полей рассмотрим на тенденции увеличения окисления.

Эффективность работы рабочего органа увеличивается применением комплекса полей по схеме **МОНО-БИ-ПОЛИ** (рис. 19).

Динамика развития рабочих органов показывает, что первоначально используется только **одно поле (Π_1)**, вид которого изменяется по указанной выше закономерности (рис.17).

На следующем этапе используются **два поля ($\Pi_1+\Pi_2$)**, т.е. происходит **переход от**

СВЕРТЫВАНИЕ ПОЛЕЙ

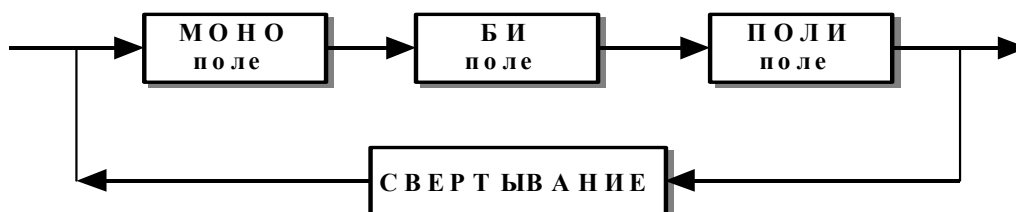


Рис . 2.2.

МОНОПоля к БИполю. При этом возможно объединение полей одинаковой или различной физической природы. Поля одинаковой природы могут быть полностью идентичными ($\Pi_1+\Pi_1$) или отличаться своими характеристиками ($\Pi_1+\Pi_1'$).

Как и в случае объединения систем, в дальнейшем происходит согласование полей в системе, например, $\Pi_1+\Pi_1\sim$ - согласование постоянного поля Π_1 с переменным полем $\Pi_1\sim$. Затем поля объединяются в единое **МОНОполе (Π_0)** - происходит **свертывание**.

Дальнейший переход может использовать более двух полей ($\Pi_1+\Pi_2+\Pi_3+\dots$) с

$$\Pi_1 \rightarrow \Pi_1 + \Pi_2 \rightarrow \Pi_1 + \Pi_1' + \Pi_2 \rightarrow \Pi_1 + \Pi_1\sim + \Pi_2 \rightarrow \Pi_1 + \Pi_1\sim + \Pi_2 + \dots \rightarrow \Pi_1 + \dots + \Pi_2 + \dots + \Pi_n \rightarrow \Pi_0$$

Рис . 2.3.

образованием **ПОЛИсистемы полей** (рис. 2.3).

Приведем примеры развития дуговой сварки.

Рабочим органом дуговой сварки является дуга, которая воздействует **тепловым полем Π_1** на свариваемый объект, например деталь В.



Управление процессом сварки сводится в основном к изменению параметров теплового поля (Π_1) и перемещению (Π_2) дуги.

Изменение теплового поля осуществляется полем Π_3 - управление параметров дуги. Модель процесса сварки изображена на рис.2.4.

Согласно законам организации технических систем рабочий орган (дуга), для обеспечения работоспособности должен быть обеспечен энергией и управлением. Энергия обеспечивается источником энергии (в данном случае источником электрического тока). Передача этой энергии осуществляется с помощью трансмиссии (электрода). Процесс управления сваркой, как мы уже писали, сводится к управлению параметрами дуги и ее перемещению. Упрощенная схема процесса дуговой сварки показана на. рис. 2.5, где для наглядности Π_1 представлено как $\Pi_{\text{тем}}$, Π_3 - $\Pi_{\text{упр1}}$,

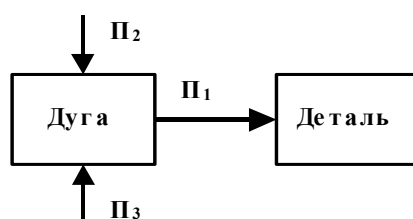


Рис . 2.4

Где :

Π_1 - тепловое поле ,

Π_2 - поле перемещения дуги ,

Π_3 - поле управления параметрами дуги

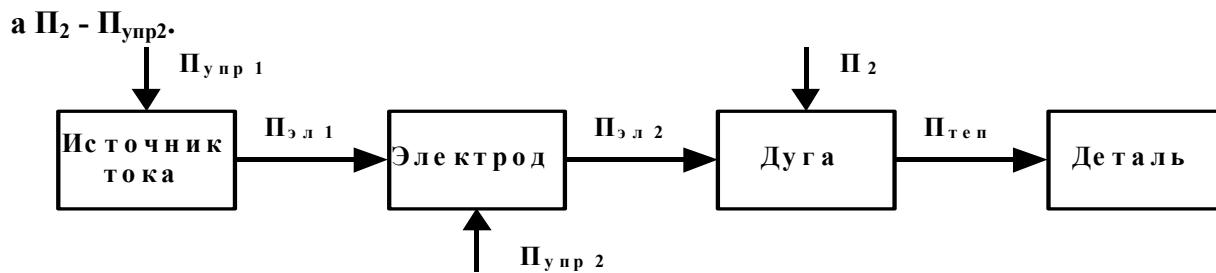


Рис . 2.5

Где :
 $P_{теп}$ - тепловое поле ,
 $P_{упр1}$ - поле управления параметрами дуги ,
 $P_{упр2}$ - поле перемещения дуги ,
 $P_{эл1}$ - электрическое поле (сварочный ток) ,
 $P_{эл2}$ - электрическое поле дуги .

Управление тепловым полем осуществляется изменением параметров дуги и ее перемещением (временем удержания дуги на одном месте и расстоянием электрода от детали).

Управление параметрами дуги сводилось к изменению параметров сварочного тока $P_{эл1}$.

Тенденции изменения управления током при дуговой сварке приведены на рис. 2.6.

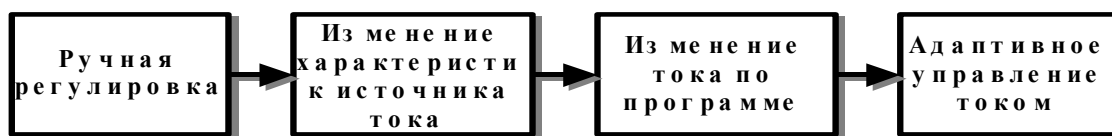


Рис . 2.6

Первоначально сварочный ток выставляли в начале сварки, и весь процесс сварки велся при этом токе, а перемещение дуги осуществлялось рукой сварщика путем перемещения электрода.

Затем в полуавтоматической сварке появилась возможность управления током. Однако перемещение дуги все еще производилось вручную.

Изменение тока первоначально задавалось характеристиками источника сварочного тока (рис. 2.7). Например, падающая характеристика источника сварочного тока может обеспечить постоянный нагрев при изменении расстояния между электродом и свариваемой деталью, что существенно облегчает работу сварщика. На следующем этапе развития источники сварочного тока имели две или более характеристик, которые выбирались в зависимости от типа шва, материала и вида дуговой сварки.



Рис . 2.7

Характеристику можно было переключить и в процессе сварки.

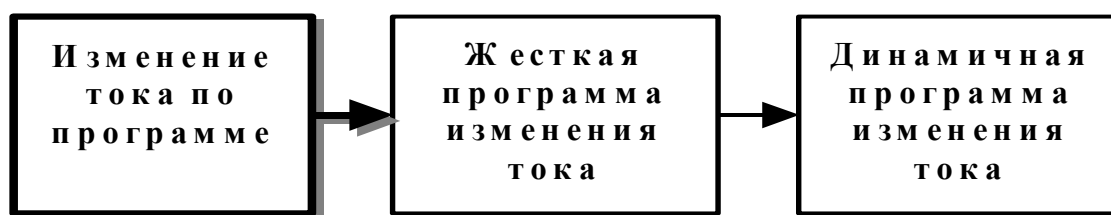


Рис. 2.8

С появлением автоматического способа сварки возросли требования к регулированию тока. Ток изменялся по определенной программе (рис. 2.8). Программа задавалась постоянная (жесткая), например, для сваривания прямолинейных швов. В дальнейшем были созданы источники, изменяющие сварочный ток по динамичной программе (управление сварочным током Π_3 осуществляется по необходимому закону).

Например, для получения более качественного шва в толстых заготовках необходим предварительный подогрев (Π_1') свариваемых кромок. Его можно осуществить с помощью слабой дуги (малого тока). Такие операции можно проводить регулированием сварочного тока (Π_3), причем ток может регулироваться плавно (Π_3') или импульсно (Π_3''). Кроме того, можно использовать наложение двух полей ($\Pi_3 + \Pi_3'$), например, на постоянный сварочный ток (Π_3) накладывается (Π_3') - переменный ток¹⁰ или (Π_3'') - импульсный ток¹¹, причем импульсы подаются в строго определенной момент, т.е. происходит согласование Π_3 и Π_1 - второго поля с процессом сварки. Импульс может подаваться для того, чтобы убыстрить или замедлить перенос капель металла или расширить поле воздействия дуги.

В будущем управление сварочным током должно стать адаптивным (рис. 2.6), приспособляющееся к виду материала, типу шва, который необходимо получить, изменения внешних условий и т. п.

Для дальнейших рассуждений представим более детальную схему процесса дуговой сварки, изображенного на рис. 2.9. На схеме введены новые элементы, участвующие в процессе сварки: сварная ванна (представляющая собой расплав металла), дополнительный металл, необходимый для образования шва, и защита сварочной ванны от окисления. Дополнительный металл может браться из плавящегося электрода (стрелка от электрода к металлу) или из присадочной проволоки. Управление процессом сварки можно вести любым элементом ($\Pi_{\text{упр1}}$ - $\Pi_{\text{упр9}}$).

Ранее мы рассматривали управление процессом сварки путем изменения сварочного тока, т.е. использовали только управляющее воздействие $\Pi_{\text{упр1}}$.

Управляемость процессом сварки увеличивается, если использовать еще одно поле ($\Pi_{\text{упр3}}$). Это воздействие может регулировать как параметры дуги так и направленно воздействовать на перенос металла.

Изменять параметры дуги можно, воздействуя на электрод не только электрическим, но и магнитным полем.

Перенос капель металла от электрода в ванну осуществляться гравитационным полем. Замедлить или убыстрить процесс переноса металла, можно используя различные поля: электрического, например импульсного¹²; ультразвукового¹³. В дальнейшем и ультразвуковое поле делают импульсным, затем его согласовывают с имеющимся

¹⁰ А.с. № 747 643.

¹¹ А.с. № 563 244.

¹² А.с. № 563 244.

¹³ А.с. № 515 608.

процессом, т.е. модулируют по величине, продолжительности и частоте¹⁴. Могут использоваться и комбинации электрического и ультразвукового полей.

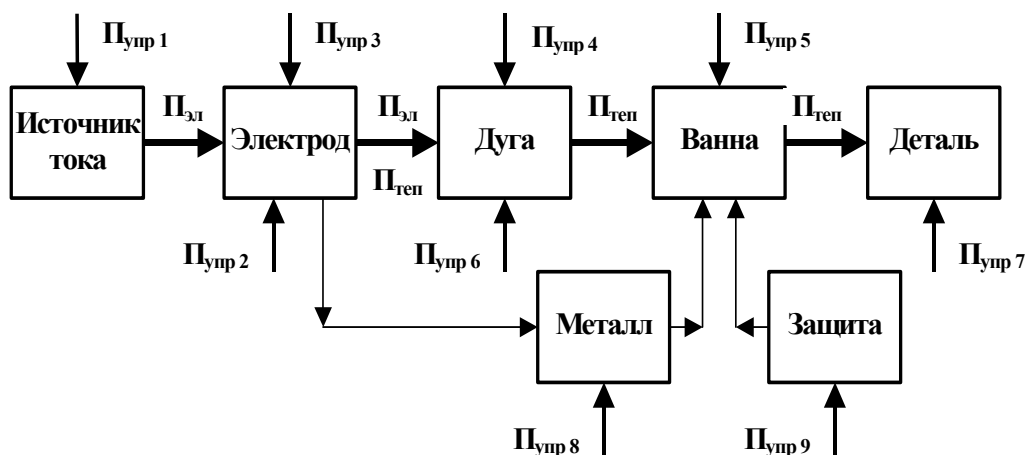


Рис. 2.9

Где:

- $P_{упр 1}, P_{упр 3}$ - поля, управляющие сварочным током,
- $P_{упр 4}$ - поле, управляющее параметрами дуги,
- $P_{упр 5}$ - поле, управляющее процессом формирования ванны,
- $P_{упр 2}, P_{упр 6}$ - поле, управляющее перемещением,
- $P_{упр 9}$ - поле, управляющее процессом защиты сварочной ванны от окисления, может также участвовать в процессе формирования ванны.

Таким образом, поле управления $P_{упр 3}$ может представлять собой электрическое поле ($P_{эл}$), его видоизменение: переменное ($P'_{эл}$), импульсное ($P''_{эл}$); магнитное ($P_{маг}$) с его различными видоизменениями: постоянным ($P^-_{маг}$), переменным ($P^{\sim}_{маг}$), импульсным ($P''_{маг}$), вращающимся ($P^0_{маг}$); ультразвуковое ($P_{уз}$) или импульсное ультразвуковое ($P''_{уз}$) и любые комбинации. Один из примеров изображен ниже

$$P_{упр 3} = P_{эл} + P''_{эл} + P^-_{маг} + P''_{уз}$$

Управление параметрами дуги (P_3) можно осуществлять, непосредственно действуя на саму дугу ($P_{упр 4}$), например, сжимать ее магнитным полем, концентрируя энергию дуги.

В более общем виде управление процессом сварки сводится к формированию структуры сварочного шва. Для этого необходимо воздействовать на ванну ($P_{упр 5}$). В зависимости от необходимых свойств шва воздействия на ванну должны быть различными.

Пока мы рассматривали воздействие только тепловым полем, да и то только для расплавления металла. В процессе формирования шва участвует процесс застывания металла и уплотнение его.

¹⁴ А.с. № 153 760.

Уплотнение металла может проводиться в процессе сварки, переносом капель с большой скоростью, перемешиванием ванны, ее вибрацией или созданием дополнительных давлений. При этом используются магнитное, электрические поля и их взаимодействие, ультразвуковое поле и давление защитного газа.

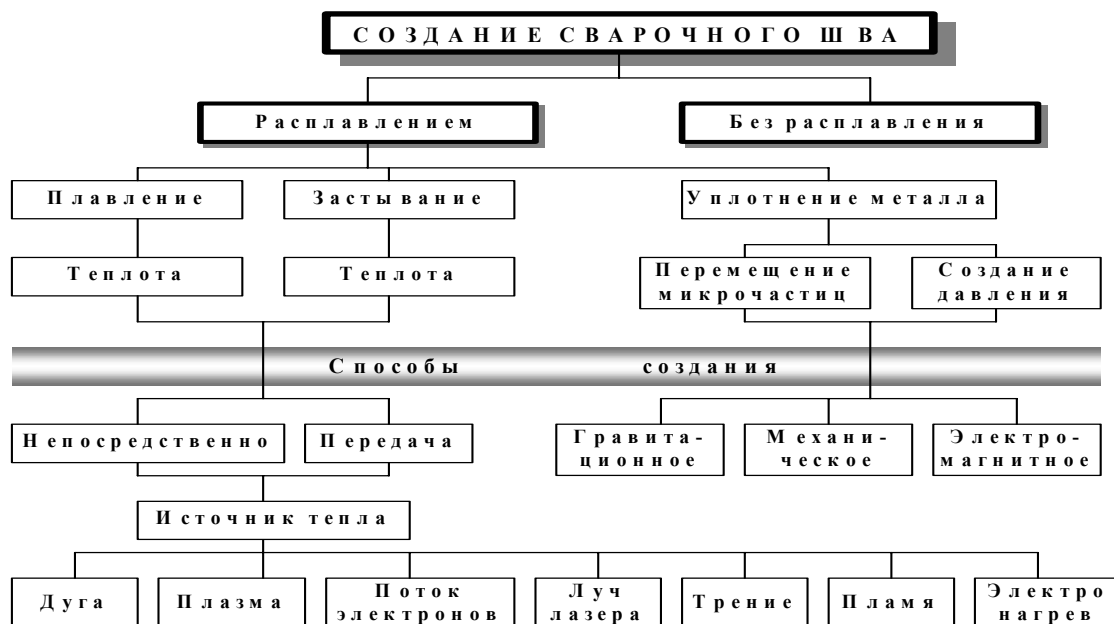


Рис. 2.10.

Возможные способы формирования сварочного шва представляют в виде функционально-логического дерева. Фрагмент такого дерева изображен на рис. 2.10.

Сварочный шов можно создавать путем расплавления металла или, не расплавляя его, например, созданием больших давлений.

Такие давления могут создаваться импульсно (удар, взрыв) или в течение длительного времени. Этот вид создания сварочного соединения мы не будем рассматривать.

При создании сварочного шва путем расплавления он формируется не только за счет расплавления, но и уплотнение металла. В свою очередь на формирование шва влияет не только процесс расплавления, но и застывания, в частности, скорость остывания металла.

Тепло можно создавать непосредственно в месте нагрева или передавать его от какого-нибудь источника. При чем в том и другом случае источники тепла могут иметь одинаковой или различной физической природы. Передача тепла лучше всего осуществляется тепловыми трубами, которые передают тепло практически без потерь. Кроме того, с помощью тепловых труб можно и управлять потоком тепла.

Использование различных источников тепла непосредственно в месте нагрева привело к различным видам сварки: дуговая, плазменная, электронно-лучевая, лазерная, трением.

Функции перемещения (P_2) дуги относительно детали можно выполнять различными способами. Первоначально, как указывалось выше, дуга перемещалась рукой сварщика, с помощью передвижения электрода. На рис. 2.5 электрод перемещается с помощью управляющего поля $P_{упр2}$. В дальнейшем появились специальные тележки (P_2'), перемещающие сварочный автомат, т.е. перемещение, осуществлялось механическим полем.

Идеально если дуга перемещается сама, а не с помощью электрода. Здесь используется поле, управляющее перемещением дуги $\Pi_{\text{упр6}}$. Известны и способы сварки без перемещений электрода. Электрод укладывают в разделку шва. Дуга движется по мере расплавления электродной проволоки. Для заполнения большого объема шва проволоку укладывают в виде зигзага¹⁵ - использование геометрических эффектов. Дуга может перемещаться сама, если использовать много электродов, расположенных по линии шва на расстоянии зоны действия теплового пятна. Каждый из электродов соединен со своим источником питания¹⁶. В этом способе механическое поле заменено системой подключения электродов.

Дальнейший переход к другим управляющим полям $\Pi_{\text{упр6}}$ требует использовать ресурсы рабочего органа - дуги. Управление дугой лучше всего проводится магнитным полем ($\Pi_{\text{маг}}$)¹⁷. Сначала управляли постоянным ($\Pi_{\text{маг}}^{\text{п}}$) магнитным полем¹⁸, в дальнейшем магнитное поле было направлено перпендикулярно ($\Pi_{\text{маг}}^{\text{п}}$) воздействию дуги¹⁹. На это поле накладывали переменное ($\Pi_{\text{маг}}^{\text{в}}$) магнитное поле, а для сварки труб - вращающееся ($\Pi_{\text{маг}}^{\text{в}}$) магнитное поле. Магнитное поле подавали импульсами - $\Pi_{\text{маг}}^{\text{им}}$ ²⁰, использовали бегущее - $\Pi_{\text{маг}}^{\text{б}}$ ²¹, наконец, соединение этих полей с управлением магнитным полем, воздействующим перпендикулярно постоянному магнитному полю²². Последний вариант изображен ниже

$$\Pi_{\text{упр6}} = \Pi_{\text{маг}}^{\text{п}} + \Pi_{\text{маг}}^{\text{в}} + \Pi_{\text{маг}}^{\text{им}}$$

Управление процессом формирования ванны ($\Pi_{\text{упр5}}$) может осуществляться не только дугой, но и дополнительными полями.

В качестве этих полей могут использоваться магнитное, электрическое, ультразвуковое или поле давления защитного газа.

Магнитное поле используется и для перемешивания сварочной ванны с помощью центробежных сил ($\Pi_{\text{цс}}$). Для этого используется наложение (соединение) двух полей. Электрическое поле дуги ($\Pi_{\text{эл}}$) и магнитное импульсное поле ($\Pi_{\text{маг}}^{\text{им}}$), складываясь вместе ($\Pi_{\text{эл}} + \Pi_{\text{маг}}^{\text{им}}$), образуют центробежное поле - $\Pi_{\text{цс}}$ ²³. Это описан процесс свертывания поля

$$\Pi_{\text{цс}} = \Pi_{\text{эл}} + \Pi_{\text{маг}}^{\text{им}}$$

Известны способы дуговой сварки, в которых используются три и более полей для управления дугой²⁴.

Более детально последовательность полей представлена в таблице 2.

2.1.2. Примеры использования полей

Приведем примеры использования различных полей.

¹⁵ А.с. № 66582.

¹⁶ А.с. № 285 740.

¹⁷ А.с. № 166 981.

¹⁸ А.с. № 221 867.

¹⁹ А.с. № 172 932.

²⁰ А.с. № 221 867.

²¹ А.с. № 230342.

²² А.с. № 546 446.

²³ А.с. № 305 969

²⁴ А.с. №№ 721 267, 1 050 828, 1 050 829; патент США № 2 920 183 и др.

2.1.2.1. Гравитационное поле

Пример 2.1. Закрывание дверей осуществляется с помощью пружин или специальных устройств. Идеальная пружина, которой нет, а ее функция выполняется. Нужно использовать поле, которое существует всегда - поле Земного притяжения. Ось вращения двери наклоняют на 6-8 градусов. Благодаря наклону на открытую дверь действует сила гравитации, возвращая ее в закрытое положение. Такая дверь была предложена Я.Л.Фельковичем в 1968 г.²⁵ Такие двери использовались, например, в метро.

Пример 2.2. Наклеп как вид поверхностного упрочнения, в десятки раз повышает долговечность и надежность деталей, пользуется заслуженной популярностью среди производителей. Чаще всего наклеп выполняют с помощью дробеструйных установок, но она не только громоздкие и дорогие, но дробеструйкой трудно регулировать глубину и качество будущего наклепанного слоя. В институте подшипниковой промышленности предложили на кольца подшипников качения с высоты около двух метров сыпать дождь стальных шариков. Долговечность подшипников увеличивается в 2,3 раза. Правда, обрабатывать детали нужно в течение 1,5 часа.²⁶

2.1.2.2. Механическое поле

2.1.2.2.1. Трение

Трение в одних случаях выполняет положительную работу, а в ряде случаев с ним приходится бороться.

Пример 2.3. Трение используется при торможении транспортных средств, например, автомобиля на шоссе. Благодаря трению происходит удержание и фиксация предметов. Так работает крепеж деталей с помощью гвоздей, шурупов, винтов и болтов; расклинивание деталей, удержание в скале альпинистских крючьев, анкерных болтов и пробок в стене и т.д.

Пример 2.4. Сварка трением. Детали прижимают друг к другу и вращают, расплавляя заготовку теплом, выделяющимся в процессе трения.²⁷

Пример 2.5. Обычно сталь упрочняют закалкой, а можно упрочнять трением, возникающим при резании, - ведь при трении режущего инструмента о вращающуюся заготовку ее поверхность и нагреваются, уплотняются. Специальный инструмент - стальной диск (вращающийся резец), режущая кромка которого переходит в калибрующую часть, параллельную обрабатываемой поверхности. При трении широкой калибрующей части о поверхность заготовки происходит упрочнение.²⁸

Трение покоя больше трения движения, и этот факт снижает чувствительность точных приборов. Заменить трение покоя трением движения - это, значит, уменьшить силу трения и как-то стабилизировать ее. Задачу можно решить, заставив трущиеся элементы совершать колебания.

²⁵ Изобретатель и рационализатор, № 1, 1971, с. 25.

²⁶ Мальцев В, Кычин В. Нежный молоток. - Изобретатель и рационализатор, № 12, 1971, с. 11.

²⁷ А.с. № 350 577.

²⁸ Изобретатель и рационализатор, № 8, 1986, МИ 0825.

Пример 2.6. Трение в подшипнике значительно снижется, если его втулки выполнить из пьезоэлектрического материала и покрыть их электропроводящей фольгой.²⁹ Пропуская переменный ток, под действием которого пьезоэлектрик вибрирует, ликвидируют трение покоя.

Явление аномально низкого трения

Пример 2.7. Для уменьшения коэффициента трения в подшипнике скольжения, при работе в вакууме, он снабжен источником быстрых нейтральных молекул газа, например инертного, встроенного в корпус между сегментами и направляющим поток молекул на рабочую поверхность вала, покрытую полимером, например, полиэтиленом.³⁰

Эффект безызносности

Пример 2.8. Рассмотрим пару сталь-бронза с глицериновой смазкой. Глицерин, протравливая поверхность бронзы, способствует покрытию ее рыхлым слоем чистой меди, атомы которой легко переносятся на стальную поверхность. Далее устанавливается динамическое равновесие - атомы меди летают туда и обратно, и износа практически нет, ибо медный порошок прочно удерживает глицерин, который, в свою очередь, защищает медь от кислорода. В авиации уже испытаны бронзовые амортизационные буксы в стальной стойке шасси самолета.

Эффект Джонсона-Рабека

Пример 2.9. Тормоз, представляющий собой вал, покрытый полупроводниковым материалом охваченный металлической лентой. Тормозной момент зависит от температуры полупроводникового слоя и регулируется путем пропускания электрического тока через вал и охватывающую его ленту.³¹

Пример 2.10. Устройство для передачи вращения между двумя валами, состоящее из двух соприкасающихся дисков, один из которых выполнен из полупроводникового материала, а второй - металлический. Регулирование передаваемого момента происходит при нагреве соприкасающихся упомянутых материалов путем пропускания электрического тока между ними.³²

2.1.2.2. Давление

Поле давления бывает **повышенное** и **пониженное**, в зависимости от используемого рабочего тела оно имеет различные названия.

Поле **повышенных давлений** для газа называется *пневматическое*, для жидкости *гидравлическое*, для твердого тела - **сжатие** или нагрузка.

Поле **пониженных давлений**: для газа называется *разряжение* или вакуум, для жидкости - *кавитация* или кипение, для твердого тела - растягивающие усилия (*растяжение*). Виды полей давления в более удобном виде показаны в таблице.

Таблица. Виды давления

Давление	Состояние среды		
	Газ	Жидкость	Твердое
	Вид поля		
Повышенное	Пневматическое	Гидравлическое	Сжатие

²⁹ Пат. США № 3 239 283.

³⁰ А.с. № 290 131.

³¹ Пат. США № 3 343 635.

³² Пат. Англии № 1 118 627.

Пониженное	Разряжение	Кавитация	Растяжение
------------	------------	-----------	------------

Использование поля **ПОВЫШЕННЫХ** давлений.

Для газа - **ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ** поле.

Пример 2.11. Самоустанавливающийся анкер, выполненный в виде надувных арок. Такой анкер способен противостоять атмосферным воздействиям. Поднимает и опускает всю систему две лебедки, ими же открываются и закрываются ворота³³.

Пример 2.12. Флаг развивается даже в безветренную погоду, потому, что закреплен на флагштоке, сделанном из трубы, продуваемой вентилятором. В данном изобретении в качестве поля использован поток воздуха.³⁴

Пример 2.13. Гидроэкструзия, то есть выдавливание с помощью жидкости труб, валов со шлицами, шестерен, практически безотходна. А огромное давление жидкости (8-10 тыс. атм.), нужное, чтобы металл вытек в узкое отверстие - фильеру, улучшает структуру металла. У технологии есть один недостаток, заключающийся в том, что при использовании жидкости нельзя нагревать заготовку, поскольку жидкость тогда теряет свои свойства. Нагревать же заготовки из тугоплавких и высокопрочных металлов необходимо. В таких случаях применяют газовую экструзию, то есть выдавливают детали нагретым газом. Уже созданы посредством экструзии тончайшие сверла, фрезы, метчики. До сих пор эти инструменты изготавливались только точением с потерями большого количества металла в стружке.³⁵

Для жидкости - **ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ** поле.

Пример 2.14. Микротрещины в железобетонных трубках устраняют, пропитыванием их клеящейся жидкостью под давлением. Давление должно быть такое, чтобы клеящая жидкость выступала на наружную поверхность трубы.³⁶

Пример 2.15. Косилка без ножей создана в Англии. Ее основные узлы - резервуар с водой, полая штанга с множеством небольших отверстий и насос. Тонкие струи воды под большим давлением режут траву не хуже самых острых ножей.³⁷ Аналогичным образом можно резать и металл. Для этого используют струю воды под давлением в десятки тысяч атмосфер.

Для твердого состояния - **СЖАТИЕ** или напряжения.

Пример 2.16. Качество шлифования повышается, если обрабатываемую деталь сжимать во взаимно перпендикулярных плоскостях.³⁸

Рассмотрим примеры на использование поля **ПОНИЖЕННЫХ** давлений.

Для газа - **РАЗРЯЖЕНИЕ**.

Пример 2.17. Чтобы отделить кору от древесины, в окружающей обрабатываемую древесину среде создают ВАКУУМ величиной, обеспечивающей самовскипание влаги в клетках камбиального слоя. Для стабилизации процесса кипения, в зону обработки подают тепловую энергию в

³³ А.с. № 314 701. Изобретатель и рационализатор, № 9, 1974, МИ 0930.

³⁴ А.с. № 800 332.

³⁵ Изобретатель и рационализатор, № 2, 1986, МИ 0223.

³⁶ А.с. № 115 546.

³⁷ Юный техник, № 8, 1974, с. 29.

³⁸ А.с. № 1 449 325.

количестве, равном температуре испарения влаги камбиального слоя в созданном вакууме³⁹.

Задача 2.1. В магистральных трубопроводах нефть или газ транспортируют с помощью высокого давления. Поэтому при авариях (разрывы трубы) в окружающую среду вырывается большое количество огнеопасного вещества. Достаточно малейшей искры и не избежать катастрофы. Как быть?

Ответ к задаче 2.1. Инженер Г.Черданцев из Сургута предложил транспортировать нефтепродукты с помощью РАЗРЯЖЕНИЯ, создаваемого на приемном участке трубопровода. При аварии исключен выброс продуктов. Кроме того, стенки труб можно делать более тонкими, так как они не должны выдерживать повышенное давление⁴⁰.

Для жидкости - РАЗРЯЖЕНИЕ.

Задача 2.2. Загрязненные ампулы желательно мыть кипящей водой, чтобы лопающиеся пузырьки вымывали грязь.

Однако от горячей воды часть ампул трескается.

Как быть?

Ответ к задаче 2.2. Вокруг сосудов создают РАЗРЯЖЕНИЕ, и наполняющая их моющая жидкость закипает при более низкой температуре⁴¹.

Здесь использовано поле РАЗРЯЖЕНИЕ (вакуумное) и кипение.

Для твердого состояния – РАСТЯЖЕНИЯ

Пример 2.18. Крыша дома - это громоздкое сооружение, поэтому для ее поддержки ставят мощные балки, которые работают на сжатие. Однако в новых спортивных комплексах, например, Дворец спорта "Юбилейный" в Санкт-Петербурге, крыша представляет собой тонкую 5 мм стальную мембрану. Как же она выдерживает такие большие нагрузки (сильные ветры и снег на крыше)? Мембрана **растянута** со всех сторон. За натяжением постоянно следят мембраны. Это принцип вантовых конструкций, который использовался еще с древности. Этот способ строительства широко использовал всемирно известный японский архитектор Кензо Танге. Наиболее красивые из этих сооружений, на наш взгляд, два олимпийских спортивных зала в Токио - Ёёги, построенных для XVII летних Олимпийских игр 1964 г.

Пример 2.19. Стальная пружина будет прочнее, если заготовку предварительно растянуть, скрутить, снова растянуть и лишь после этого навить и закалить.⁴²

Пример 2.20. Швартовка двух судов друг к другу в открытом море - опасное дело и один из источников травм моряков осуществляется с помощью канатов и тросов. Однако можно обходиться и без канатов. В носовой и в кормовой частях буксировщика монтируются стальные - "руки" несколько метров длиной. На конце каждой "руки" имеется вогнутый металлический диск с резиновыми манжетами. Буксировщик подходит к судну и упирается диском в его борт. Включается насос,

³⁹ А.с. № 682 369.

⁴⁰ .Техника и наука, № 2, 1990, с. 10.

⁴¹ А.с. № 259 299. Изобретатель и рационализатор, № 6, 1979, МИ 0620.

⁴² А.с. 688 528.

открывающий через полую штангу воздух из-под диска, который работает как присоска.

При диаметре диска 2-2,5 м "присасывается" буксировщик и сможет тянуть за собой корабль с силой 40-50 т.⁴³

Часто используется **комбинация полей**.

Пример 2.21. Изготовление тонкостенных крутоизогнутых патрубков, осуществляют из изогнутой трубчатой заготовки путем их нагрева и пневматической раздачей в состоянии сверхпластичности. При этом толщина стенок изделия часто получается не одинаковая на различных участках.

Предложено раздачу осуществляют одновременным СЖАТИЕМ и РАСТЯГИВАНИЕМ в меридиальном направлении соответственно выпуклой и вогнутой частей трубчатой заготовки.⁴⁴

Приведем пример **комбинации повышенного и пониженного давлений**.

Пример 2.22. Предложена ультразвуковая установка, которая снимает с помощью КАВИТАЦИИ заусенцы со всевозможных деталей. Установка работает при повышенном статическом давлении в рабочей камере, и это давление придает особую силу кавитационным ударам, перед которыми не может устоять даже алмаз⁴⁵.

2.1.2.2.3. Движение

Поля движения могут быть **линейные** перемещения, **вращательное** (оно может быть **частичным**, например, *наклон, движение маятника, кручение*; и **полным** - поле **центростремительных сил**), **комбинированное**, например, спиральное или более сложное движения.

Вращательное движение нашло широкое применение в области обработки металлов резанием (токарная обработка, фрезирование, сверление, шлифование и т.п.). На основе поля механических сил, реализуемого на основе вращения, создаются оригинальные технические системы в различных областях машиностроения.

Рассмотрим пример на **ЛИНЕЙНОЕ перемещение**.

Задача 2.3. Обычно припуск при строгании заготовки снимают за несколько проходов, поскольку при врезании возникают ударные нагрузки на резец. Если бы резец врезался плавно в заготовку и сечение стружки увеличивалось постепенно, можно было бы самый большой припуск снять за один-два прохода. Но механизма для постепенного заглубления резца на строгальном станке нет.

Ответ на задачу 2.3. Предложено закреплять заготовку на столе строгального станка под углом и сделать первый проход, снимая стружку, которая в конце прохода соответствует всему снимаемому припуску. Затем заготовку разворачивают на 180° и устанавливают строго горизонтально. Делается второй проход. И тут сечение стружки тоже увеличивается плавно - от нуля до максимума. Так весь припуск снимается за два прохода. Способ применяется лишь при достаточно жесткой заготовке, которая при опоре на две "точки" не прогнется во время первого перехода⁴⁶.

⁴³ Богданов В.В. Удивительный мир резины. - М.: Знание, 1989, с. 60.

⁴⁴ А.с. № 1 449 171.

⁴⁵ А.с. № 205 355.

⁴⁶ А.с. № 1 158 309. Изобретатель и рационализатор, № 4, 1987, с. 30.

ВРАЩАТЕЛЬНОЕ движение.

Пример 2.23. Трубы можно резать кручением, для этого трубу зажимают в невращающийся патрон, который может повернуться на некоторый угол. В месте реза возникает канавка для концентрации напряжений, и вращающийся патрон "откручивает" предназначенный участок трубы от остальной части. Короткий участок, таким образом, не "отрежешь", ибо кулачкам патрона не за что ухватиться, и они просто будут проскальзывать. Канавки нужно нанести не только на наружную поверхность трубы, но и на внутреннюю. При этом саму трубу нужно зажать снаружи, а отделяемую часть - изнутри и СКРУЧИВАТЬ трубы в противоположных направлениях. Такое сложное нагружение требует меньшей силы, и отделение короткого участка становится осуществимым⁴⁷.

Приведем пример использование поля **ЦЕНТРОБЕЖНЫХ сил.**

Пример 2.24. Использование дробеструйки для создания наклепа на деталях, как было показано в примере, плохо управляемый процесс. В дробеструйной установке для дробеметания используют центробежное поле. Установка представляет собой горизонтальное колесо с отверстиями на ободе, из которых под действием центробежных сил непрерывно летят стальные шарики диаметром 0,05-0,3 мм. Вокруг колеса в шпинделях закрепляют изделия, вращающиеся вокруг своей оси и центральной оси установки. Благодаря таким сложным движениям достигается высокая равномерность обработки всей поверхности деталей типа лопаток турбин, зубчатых колес, шлицевых валиков. Увеличивается долговечность детали в 5-8 раз и на 20% - усталостная прочность. Трудоемкость процесса сокращается в 20-25 раз.⁴⁸

Пример 2.25. Для телескопов с высокой разрешающей способностью нужны зеркала диаметром несколько метров. При изготовлении таких зеркал в США применяется новая технология. Ее основное отличие - постоянное вращение формы в процессе отливки и остывания зеркала, благодаря чему его рабочая поверхность принимает параболическую форму и требует значительно меньшей последующей обработки. Зеркала, изготовленные по новому способу, значительно легче и их проще монтировать, а, кроме того, намного упрощается процесс термической стабилизации зеркала, которая и ограничивает возможности изготовления зеркал большого диаметра⁴⁹.

Пример 2.26. Обычно удары вагонов друг о друга поглощают пружины, установленные в амортизаторах автосцепок: кольцевые, спиральные. С повышением скорости передвижения поездов увеличились нагрузки и пружины перестали их выдерживать. Пневматические и гидравлические установки очень не надежны. Почему бы не заменить пружины винтом? Вернее упругим торсионом с резьбой, находящейся внутри тоже нарезанного корпуса. При соударении вагонов продольная нагрузка передается этому торсиону, и он с усилием ввинчивается в корпус, энергия удара быстро и эффективно поглощается. При ввинчивании торсион закручивается. После

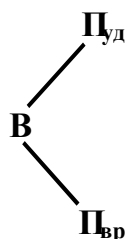
⁴⁷ А.с. № 544 523. Изобретатель и рационализатор, № 4, 1979, с.35.

⁴⁸ "Если град из ... стали. - Социалистическая индустрия № 170 [3062], 26.07.79, с.4.

⁴⁹ Изобретатель и рационализатор, № 9, 1987, с.44.

поглощения удара все детали возвращаются в исходное положение, так как торсион раскручивается обратно⁵⁰.

Это интересный пример преобразования поля удара ($\Pi_{уд}$) в поле вращения ($\Pi_{вр}$), которое осуществляется торсионом (**В**)



2.1.2.2.4. Удар

Широкое применение в области машиностроения находит такая разновидность поля механических сил, как удар, например, в кузнечно-прессовом производстве, в строительстве - забивание свай и т.д.

Пример 2.27. Проверить давление в шинах автомобиля - дело не сложное, но хлопотное: надо откручивать колпачек вентиля, произвести два-три контрольных замера манометром и убедиться в надежности золотника. От всего этого избавит устройство в виде "пистолета", который приставляют к покрышке колеса и спускают курок. В тоже время на шкале пистолета высвечивается показания. Секрет в том, что он снабжен ударником, вызывающим колебания в шине, а между величиной давления воздуха в шине и характером возникающих в ней колебаний имеется прямая зависимость⁵¹.

Передача энергии при ударах.

Эффект Александрова

На основе открытия Александрова создан механический полупроводник.

Очевидно, этот эффект обязательно должен учитываться при проектировании машин ударного действия. Наглядная иллюстрация к тому

Пример 2.28. В механизмах, воздействующих на твердое тело ударной нагрузкой (например, отбойный молоток, зубило, устройство для создания наклепа и т.д.), предлагается делать специальное устройство уменьшающее "отдачу" (вибрацию) на рукоятку такого механизма. В устройстве, передающем удар рабочему органу (например, зубилу), имеется несколько соударяющихся элементов. Перед каждым соударением элементов создается дополнительный зазор между ними (например, поставлена пружина). Один или несколько из соударяющихся элементов, за исключением рабочего, выполнены из материала с меньшим модулем упругости, чем материал элемента⁵². За счет разности модулей упругости соударяемых элементов, "гасится" ударная нагрузка.

Задача 2.4. В бурильных установках необходимо передавать большие нагрузки на долото. Для этого используют специальные утяжелители. Они представляют собой трубы свободно установленные на бурильной колонне. Такая система увеличивает ударную нагрузку на долото, но

⁵⁰ А.с. 1 296 461. Изобретатель и рационализатор, № 1, 1988, с. 42.

⁵¹ Изобретатель и рационализатор, № 1, 1989, МИ 0128, с. 1.

⁵² А.с. № 203 557.

передает вибрацию обратно на механизм вращения долота, что портит его. Как быть?

Ответ на задачу 2.4. Предложено каждый вышележащий грузовой трубчатый элемент устанавливать большей массы по сравнению с нижележащими⁵³.

2.1.2.2.5. Колебания

Поле колебаний можно представить в виде **вибрации, акустического** и комбинированных полей. Акустическое поле имеет диапазоны: **инфразвук** (до нижнего предела слышимости - до 20 Гц), **слышимого** (20 Гц 20 кГц и **ультразвука** (свыше верхнего предела слышимости - более 20 кГц).

Пример 2.29. Устройство для ВИБРАЦИОННОЙ обработки деталей. Абразивные частицы, находящиеся в барабане вместе с обрабатываемыми деталями, перемещаются по сложным траекториям и потому попадают во все закоулки⁵⁴.

Пример 2.30. Американские специалисты утверждают, что дорогостоящий, многочасовой отжиг литых, кованных и сварных деталей можно заменить 10-15 минутной обработкой ВИБРАЦИЕЙ. Этим методом были сняты остаточные напряжения несущего кольца телескопа диаметром 3630 мм. Форма кольца по диаметру и по плоскости изменилась всего на 0,024 мм²⁵⁵.

Пример 2.31. Во время шторма не редки случаи, когда волной захлестывает машинное отделение и останавливаются помпы для откачки воды. Без источника энергии борьба за живучесть корабля практически прекращается, и судно может утонуть. Однако, в любом случае, во время шторма есть источник энергии это волны. Их использовать можно, если в трюме судна подвесить маятник с солидным грузом. Расстояние между бортами и подвеской маятника при качке меняется. Подвеска маятника соединяется с поршнем насоса и получается поршневой насос, работающий при наличии волн. Для того чтобы исключить влияние направления качки маятник подвешивается на шарнире, а цилиндры насосов устанавливаются на круговых направляющих с возможностью поворота вокруг оси маятника⁵⁶.

Приведем примеры использования **АКУСТИЧЕСКОГО** поля.

Пример 2.32. Шведская фирма "Корснас-Марма" использует установку для очистки промышленных котлов, труб от пыли и нагара с помощью ИНФРАЗВУКА. Установка состоит из генератора длиной 4 м, опускаемого в газо- и дымоход. В генератор подается сжатый воздух из компрессора, вызывающий вибрацию механической мембраны с частотой, меньшей, чем 20 Гц; инфразвуковые колебания воздействуют на осевшие частицы сажи и отрывают их от стенки дымохода. Эффективность устройства 100%, а стоимость работ по сравнению с традиционными механическими способами понизилась на 50%⁵⁷.

⁵³ А.с. № 447 496.

⁵⁴ А.с. № 623 723. Изобретатель и рационализатор, № 2, 1979, МИ 0216.

⁵⁵ Изобретатель и рационализатор, № 2, 1975, МИ 0214, с. 2.

⁵⁶ Изобретатель и рационализатор, № 8, 1989, с. 7.

⁵⁷ ИНФРАЗВУК-ТРУБОЧИСТ. -Вокруг земного шара, Техника-Молодежи, № 7, 1979, с. 49.

Пример 2.33. В Великобритании разработана активная система крепления автомобильного двигателя, снижающая шум (АКУСТИЧЕСКИЕ колебания **инфразвукового** и **звукового** диапазона) созданием колебаний противоположного направления. Специальные датчики определяют частоту колебаний и амплитуду каждой волны, информация анализируется микропроцессорами, управляющими подвеской двигателя. Движения подвески за счет управляющих воздействий гасят вибрацию и уменьшают уровень шума⁵⁸.

Пример 2.34. Сушку капиллярно-пористых материалов, например, картона-асбеста, осуществляют перемещением их в электрическом поле высокой частоты. Что бы ускорить процесс сушки и снизить температуру, на высокочастотное поле накладывают АКУСТИЧЕСКОЕ поле, волны которого направлены вдоль материала⁵⁹.

Приведем примеры использования акустических колебаний в **слышимом** диапазоне частот.

Пример 2.35. Существует много способов поиска сквозных отверстий в металле и сварочных соединениях, то есть течей. Но как быть, когда надо найти течь в огромном множестве хитросплетенных трубопроводов? Создают в исследуемой полости избыточное давление, и газ, выходя из макротрещин, будет посвистывать (возникает ЗВУК). С помощью микрофонов эти колебания фиксируют. Однако в цехах, на стройплощадках всегда очень шумно. Исследовали спектр излучаемого макротрещинами звука. Оказалось, что если оснастить акустический течеискатель соответствующим фильтрующим устройством, то окружающие посторонние шумы не будут мешать работе, поскольку они более низких частот⁶⁰.

Пример 2.36. Рыбу привлекают звуком. Камертон с ручкой передает колебания леске, через пружинный сторожок. Леска передает колебания мормышке. В воде играет музыка, настроенная на рыбий слух⁶¹. В этом изобретении использовано АКУСТИЧЕСКОЕ поле в слышимом диапазоне звука.

Пример 2.37. Использование УЛЬТРАЗВУКОВЫХ колебаний для лучшего распыления жидкостей⁶².

Пример 2.38. Форсунка для сжигания жидкого и газообразного топлива содержит корпус с установленным в нем распределителем для подачи топлива и распыливающего агента и распылитель с соплом и камерой для генерирования УЛЬТРАЗВУКОВЫХ колебаний. Для интенсификации перемещения топлива на выходе в распылитель установлены резонаторы ультразвуковых колебаний, выполненные в виде цилиндрических плоскостей, соединенных с камерой щелевидными отверстиями⁶³.

⁵⁸ Изобретатель и рационализатор, № 3, 1989, с. 30.

⁵⁹ А.с. № 175 890.

⁶⁰ А.с. № 1 201 704. Изобретатель и рационализатор, № 11, 1986, с. 15.

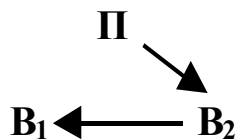
⁶¹ А.с. № 234 790.

⁶² А.с. № 214 948.

⁶³ А.с. № 279 848.

- Пример 2.39. УЛЬТРАЗВУК повышает качество термообработки. Штампы перед закалкой подвергают воздействию ультразвука, а после закалки - отжигают⁶⁴.
- Пример 2.40. Обработка дрожжей ультразвуком повышает их бродильную активность⁶⁵.
- Пример 2.41. Кажется, трудно уже добавить что-либо к списку "профессий" ультразвука. Но швейцарские инженеры предложили ему одну "специальность" - охранная сигнализация. УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ сигналы частотой 40 КГц излучаются на территорию охраняемого объекта. Отражаемый сигнал воспринимается микрофоном и усиливается. Характер сигналов меняется (за счет эффекта Доплера), если на их пути оказываются люди, открытые окна или двери. В этом случае неслышимый сторож включает тревожную сигнализацию. Швейцария⁶⁶.
- Пример 2.42. Хромирование в ультразвуковом поле ускоряет процесс и улучшает свойства покрытия. Повышается износостойкость, долговечность, надежность и коррозионная стойкость деталей⁶⁷.
- Пример 2.43. Разработали переносной агрегат для зачистки жил кабеля перед пайкой. При его применении все операции сводятся к тому, что очищаемые жилы погружают в моечную ванну, а затем включают УЛЬТРАЗВУКОВОЙ генератор с частотой колебаний 18,6 КГц. Две минуты - и с жил кабеля практически полностью сходят все загрязнения и окислы. При высоком качестве зачистки исключаются механические повреждения жил даже самых малых сечений, так как процесс идет без раскрутки проводов⁶⁸.
- Пример 2.44. Процессы алмазного фрезерования, сверления, расточки стекла и керамики очень длительны и требуют создания значительных усилий на инструмент. Если при резании головке в алмазом придать вибрирующее движение с УЛЬТРАЗВУКОВОЙ частотой и амплитудой 10-12 мкм, то производительность труда повышается в 7 раз, а усилия резания снижаются на 30-40%⁶⁹.
- Пример 2.45. С помощью УЛЬТРАЗВУКА можно остановить кровотечение на обширных ранах и крупных сосудах. На рану накладывают гигроскопическую салфетку и воздействуют колебаниями частотой 20-100 КГц⁷⁰.

Вепольная модель для данного примера соответствует формуле (1.2)



где П - ультразвуковое поле, В₁ - кровь, В₂ - гигроскопическая салфетка.

⁶⁴ А.с. № 589 264. Изобретатель и рационализатор, № 7, 1978, МИ 0716.

⁶⁵ Прикладная биохимия и микробиология, т.10, с. 402; Химия и Жизнь, № 1, 1975, с. 105.

⁶⁶ На стороже ультразвук. - Социалистическая индустрия, 20.02.75.

⁶⁷ Изобретатель и рационализатор, № 8, 1974, с. 17.

⁶⁸ Ультразвуковая зачистка. - Социалистическая индустрия, № 3062, 26.07.79, с. 4.

⁶⁹ Изобретатель и рационализатор, № 7, 1988, МИ 0727, с. 1.

⁷⁰ А.с. № 614 788. Изобретатель и рационализатор, № 7, 1988, МИ 0251, с. 1.

Пример 2.46. Для увеличения скорости введения легирующих компонентов в виде стержня, опускаемого в расплав, стержню сообщают **КОЛЕБАНИЯ ЗВУКОВОЙ** или **УЛЬТРАЗВУКОВОЙ** частоты⁷¹.

Приведем примеры **комбинации** полей колебаний различной частоты и колебаний с другими полями.

Например, линейное перемещение можно создать, используя наложение продольных и поперечных колебаний (БИ-колебания).

Пример 2.47. Вибрационное транспортирование объекта осуществляют путем возбуждения в транспортирующем органе продольных волн. Для синхронизации и стабилизации скорости транспортирования, транспортируемому объекту сообщают дополнительно колебания в вертикальном направлении с частотой отличной от частоты возбуждаемой продольной бегущей волны в транспортирующем органе⁷².

Приведем пример **комбинации полей СЖАТИЯ и ВИБРАЦИИ**.

Пример 2.48. Привычный цикл работы фильтра загрязнение с одновременным уменьшением пропускной способности, затем очистка или установка нового. Создан фильтр для очистки жидкости, очищающийся самостоятельно в процессе работы. Фильтрующий элемент выполнен в виде трубы, которая периодически **СЖИМАЕТСЯ**, как гармошка, и сильно **ВИБРИРУЕТ**. Поэтому грязь легко смывается в отстой⁷³.

2.1.2.3. Тепловое поле

Поле температур может быть отрицательным (процесс охлаждения) и положительным (процесс нагревания). Поле положительных температур (инфракрасное излучение) часто называют тепловое поле.

Пример 2.49. Обессолить воду **ВЫМОРАЖИВАНИЕМ** предлагается в зимнее время прогревать ее нижние слои, поднимая более плотную воду в область образования естественного ледяного панциря⁷⁴.

Пример 2.50. Чтобы лучше разделять слои различных жидкостей, например, при приготовлении слоев сорбента в тонкослойной хроматографии из суспензий в жидкостях, слой суспензии **ЗАМОРАЖИВАЮТ**, а замороженную жидкость сублимируют⁷⁵.

Пример 2.51. Ребристые трубы изготавливают, подавая в загерметизированную трубу воду под давлением. Для ускорения процесса изготовления, подаваемую под давлением воду замораживают⁷⁶.

Пример 2.52. Стойкость штампа при высадке гаек удается повысить почти в 1,5 раза, если его три минуты дробеструить стальной дробью диаметром 200-300 мкм под давлением 5 кГс/см². Струю шариков следует направлять под углом 5° к рабочим граням пластины, а саму дробь **ОХЛАЖДАТЬ** струей жидкого азота, но так, чтобы азот не попал на упрочняемые пластины. Увеличение стойкости объясняется не столько действием наклепа, сколько резким охлаждением пластин "замороженной" дробью, при том лишь с поверхности. При обычном

⁷¹ А.с. № 121 454.

⁷² А.с. № 593 982.

⁷³ А.с. № 1 279 651. Изобретатель и рационализатор, № 7, 1987, МИ 0703.

⁷⁴ А.с. № 1 035 001. Изобретатель и рационализатор, № 3, 1984, МИ 0329.

⁷⁵ А.с. № 1 449 899.

⁷⁶ А.с. № 190 855.

окунании пластин в жидкий азот с последующей обработкой дробью происходит слишком глубокое охлаждение и по этой причине они при эксплуатации быстро выкрашиваются⁷⁷.

Задача 2.5. Мелкие детали трудно закрепить для обработки на столе станка. Как это сделать?

Ответ на задачу 2.5. Швейцарская фирма "Тудиаман" предложила использовать систему, позволяющую закреплять обрабатываемую деталь замораживанием с помощью высокоэффективного холодильника на эффекте Пельтье с выходной температурой до минус 40°С. Время замораживания зависит от толщины детали и составляет 20-60 сек.

Детали закрепляются без деформаций и их можно обрабатывать алмазом⁷⁸.

Задача 2.6. Для упрочения деталей используют охлажденную дробь (дробеструйка работает на струе охлажденного воздуха). Однако дробь сильно истирает сопло дробеструйного аппарата. Защитить сопло самой дробью, задерживая ее на истираемом участке, не допускается. Как быть?

Ответ на задачу 2.6. Ледяная "дробь". В струю охлажденного воздуха, направляемую на деталь, подают (уже вне аппарата) из распылителя капельки воды... Дробь образуется вне дробеструйки⁷⁹.

Пример 2.53. Способ обработки резанием тонкостенных деталей. В процессе резания деталь растягивают в продольном и поперечном направлениях. Для этого внутрь детали помещают элемент, расширяющийся при НАГРЕВАНИИ больше чем материал детали⁸⁰.

Пример 2.54. Способ оценки качества автомобильных дорог и взлетно-посадочных полос аэродромов. Покрытие поливают жидкостью, которую затем НАГРЕВАЮТ и доводят до кипения, а о микрорельефе судят по неравномерности испарения из впадины и с выпуклостей.

Пример 2.55. Гидравлический домкрат в доке должен быть зафиксирован в любом положении. Чтобы облегчить эту операцию предложено заполнить полость силового цилиндра легкоплавким сплавом, в который погружен нижний конец штока. Устройство оснащено нагревательным элементом⁸¹.

В данном примере нагрев используется для расплавления легкоплавкого материала, который при затвердевании фиксирует шток в определенном положении.

Тепловое поле использовано для растяжения детали.

Задача 2.6. Для окончательной сверхточной обработки отверстия используется специальный радиально-раздвижной инструмент (весьма дорогой и сложный). Для новых изделий, однако, потребовалась еще большая точность и малая (регулируемая) скорость раздвижки. Как быть?

Ответ на задачу 2.6. Деталь сначала нагревают, отверстие расширяется и свободно пропускает стационарный дешевый нераздвижной инструмент. Затем производится постепенное охлаждение в масле - стенки

⁷⁷ А.с. № 1 189 887. Изобретатель и рационализатор, № 4, 1987, с.31.

⁷⁸ НТР: Проблемы и решения. - Бюл. общества "Знание". № 3(18), 1986, с.8.

⁷⁹ А.с. № 715295.

⁸⁰ А.с. № 614 893. Изобретатель и рационализатор, № 2, 1979, МИ 0247.

⁸¹ А.с. № 1 449 452.

детали сами с большой точностью и малой скоростью начинают сходиться⁸².

Пример 2.56. Абразивный круг армирован волокнами из сернистого мышьячного стекла, которое пропускает инфракрасное излучение в диапазоне температур 50-900°C. Такое армирование позволяет передавать информацию о величине контактной температуры, а это, в свою очередь, дает возможность создавать системы управления станком по температурному критерию и исключать перегрев обрабатываемой поверхности⁸³.

Приведем пример **комбинации полей ультразвукового и инфракрасного**.

Пример 2.57. Японская фирма "Санкио" продемонстрировала на выставке в Осака УЛЬТРАЗВУКОВУЮ машину для мытья человека. Человек садится в ванну из пластмассы. Сразу же включается генератор ультразвука, интенсифицирующий удаление грязи.

После окончания мытья включается ИНФРАКРАСНЫЙ излучатель, который мгновенно высушивает кожу. По мнению разработчиков, такая моечная машина существенно экономит "банное время". Это, конечно, удобно для шахтеров, трубочистов, смазчиков - тех представителей рабочих профессий, которым приходится мыться особо часто.

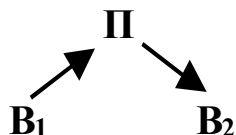
2.1.2.3. Электромагнитное поле

При сравнительно одинаковом проявлении электрической и магнитной составляющих имеет место электромагнитное поле, которое проявляет себя по разному в зависимости от частоты диапазона. Низкочастотное электромагнитное поле используются в электрических устройствах и системах: трансформаторах, электродвигателях, генераторах переменного тока и т.п. Следующий частотный диапазон - это радиодиапазон (телевизионные приемники и передатчики, радиолокационные системы, радиоприемники и радиопередатчики). При дальнейшем повышении частоты электромагнитное поле переходит в оптический диапазон (инфракрасное излучение, видимый диапазон и ультрафиолетовое излучение). Наиболее высокочастотным является рентгеновское излучение. Рассмотрим примеры технических систем с электромагнитным полем.

2.1.2.3.2. Магнитное поле

Пример 2.58. Очистка сточных вод происходит интенсивнее, если сетки очистной камеры сделаны из МАГНИТНОГО материала⁸⁴.

Представим веколь для этого примера



где V_1 - магнитный материал, Π - магнитное поле, V_2 - очищаемая вода.

Пример 2.59. Чтобы избежать коробления при закалке плоских деталей, их устанавливают на МАГНИТНОЙ плите и в момент начала

⁸² А.с. № 709344.

⁸³ А.с. № 1 373 556. Изобретатель и рационализатор, № 3, 1989, МИ 0304.

⁸⁴ А.с. № 628 095. Изобретатель и рационализатор, № 2, 1979, МИ 0260, с. 1.

мартенситного превращения "заневоливают" включением магнитного поля⁸⁵.

Пример 2.60. В качестве пористого наполнителя внутреннего объема сильфона используют **ферромагнитный порошок**, а сильфон снабжен кольцевым **МАГНИТОМ**⁸⁶.

Пример 2.61. Существует много различных устройств для улавливания ленточной пилы при разрыве. Предложено для этой цели использовать магнит.⁸⁷

Пример 2.62. Создана установка, полностью исключаяющая ручные операции при обработке валов и осей для двигателей. Установка снабжена бункером-дозатором, куда при включении **ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ** подается **МАГНИТНО-абразивный материал**. Под действием внешнего поля он прилипает к металлу, а после того, как детали начинают быстро вращать, полирует их поверхность⁸⁸.

Пример 2.63. По степени намагниченности оружия можно судить о давности выстрела. Стволы оружия обладают своеобразной магнитной памятью. После выстрела наступает "провал", но уже в течение недели намагниченность стволов возвращается к исходному уровню. У ствола снимают магнитные характеристики. Потом производят контрольный отстрел и строят график изменения намагниченности ствола. Сравнивая эти данные можно определить давность выстрела с точностью до нескольких часов. Это изобретение можно использовать в дефектоскопии, определяя время и причины разрушения стальных деталей. Интересно и применение этого метода в пожарном деле. Магнитные свойства стальных деталей изменяются и под действием не только удара, но и температуры. Значит можно определить степень нагрева в очаге пожара. Используя металлоконструкции - балки, арматуру, - вполне реально оценить даже скорость распространения огня⁸⁹.

2.1.2.3.3. Электромагнитное поле в радио диапазоне

Пример 2.64. С помощью **РАДИОЛОКАЦИОННОГО** зондирования с борта самолета под слоем песка можно обнаружить грунтовые воды⁹⁰.

Пример 2.65. Брошенную (потерянную) в море рыболовную сеть очень тяжело затем обнаружить: визуально она практически не видна, а радиолокатор (радар) не получает отраженного сигнала. Отражательная способность сетей может быть обеспечена, если ткань (нити) из синтетических волокон покрыть никелем.

Металлизация практически не нарушает эластичности ткани, а вот обнаруживаемость ее с помощью локатора резко повышается⁹¹

Для обнаружения использовано **РАДИО** поле.

⁸⁵ А.с. № 235 063. Изобретатель и рационализатор, № 2, 1975, МИ 0217.

⁸⁶ А.с. № 1 136 225.

⁸⁷ А.с. № 1 006 219.

⁸⁸ Изобретатель и рационализатор, № 8, 1988, МИ 0813, с.2.

⁸⁹ А.с. № 283 303. Маслаков К. Память металла. - Изобретатель и рационализатор, № 1, 1971, с.23.

⁹⁰ Доклады АН СССР, т.219, с.1427. Химия и Жизнь, № 4, 1975, с.98.

⁹¹ Изобретатель и рационализатор, № 2, 1987, с. 27.

2.1.2.3.4. Электрическое поле

Пример 2.66. Посол мяса осуществляется введением с помощью шприца рассола в толщу мышц парных туш. Чтобы ускорить и улучшить процесс предложено, после введения рассола, тушу подвергать обработке импульсным ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ током промышленной частоты длительности 0,25-0,5 с и скважности 0,5-1,5 с в две стадии, причем на первой стадии процесс ведут в течение 5-7 мин, на второй - 3-5 мин, а между стадиями осуществляют дополнительное введение⁹²

Пример 2.67. Почти в 200 раз удалось замедлить коррозию в аппаратах из углеродистой стали, работающих в концентрированной среде хлора кальция. На выходе агрессивной жидкости поставили цинковый экран и между ним и металлом аппарата образовали гальваническую цепь; она спасает установку от ржавчины⁹³.

Пример 2.68. Электрические краскораспылители находят все больше применение - ведь для их работы не нужны растворители.

Частицы краски, получившие от электродов пистолета сильный ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ заряд, крепко "прилипает" к поверхности заземленного изделия. В Германии этим методом напыляют не только краски, но и синтетические смолы⁹⁴.

Пример 2.69. Без подвода электроэнергии работает форсунка для распыления жидкости или порошка, ее внутренняя поверхность имеет зернистое покрытие, поэтому быстро движущиеся частицы ЭЛЕКТРИЗУЮТСЯ от трения и хорошо распыляются⁹⁵.

Задача 2.7. ОЧИСТКА АВИЦИОННОГО ТОПЛИВА. При очистке авиационного топлива (керосина) от твердых частиц его пропускают через механический фильтр. Сквозь него проходят только частицы, не превышающие 8 микрон, но при прохождении через фильтр они электризуются и уже после фильтра притягиваются друг к другу, образуя недопустимо крупные комочки, которые и попадают в баки самолетов. Как быть?

Ответ на задачу 2.7. Вред - в пользу. Вместо фильтрации используется принудительная электризация твердых частиц трением о керосин специальных стальных пластин. Образовавшиеся комочки частиц выпадают в осадок в отстойнике⁹⁶.

Не редки случаи, когда приходится бороться с электрическим полем. Приведем пример.

Пример 2.70. При изготовлении, испытаниях, монтаже радиоэлектрическую аппаратуру, случается, повреждают заряды СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, стекающие через руки оператора на полупроводниковые приборы и интегральные схемы.

Чтобы этого не произошло, используется антистатический браслет, закрепленный на руке оператора. Это пластмассовый корпус, внутри которого две токопроводящие пластины, изолированные друг от друга. Одна заземлена через резистор, другая через второй резистор и индуктор, срабатывающий, когда сопротивление всей цепи (первая

⁹² А.с. № 1 005 753.

⁹³ Пистолет против коррозии. - Социалистическая индустрия, 13.02.75.

⁹⁴ Пистолет против коррозии. - Социалистическая индустрия, 13.02.75

⁹⁵ А.с. № 1 096 807. Изобретатель и рационализатор, № 6, 1986, МИ 0605, с. 32.

⁹⁶ Изобретатель и рационализатор, № 2, 1981.

пластина - рука оператора – вторая пластина) превысит заданное. Через пластины статические заряды стекают в землю, не повреждая аппаратуры⁹⁷.

Пример 2.71. Для измерения мощности генератора сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона используется преобразователь Холла, который размещают с СВЧ-тракте так, чтобы электрическая составляющая поля создана в нем (преобразователе Холла) ток, а магнитная составляющая была бы перпендикулярна его поверхности⁹⁸.

2.1.2.3.5. Оптическое поле

Оптическое поле может использоваться в **видимом, ультрафиолетовом и инфракрасном** свете. Кроме того, свет может быть монохроматическим и не монохроматическим, поляризованным и не поляризованным.

Пример 2.72. Обычным СВЕТОМ варят детали из легированной стали и нержавеющей стали со скоростью до 10 м/ч. Светосварочная установка состоит из ксеноновой лампы, концентратора излучения - металлизированного эллиптического зеркала, подвижного стола, механизма подачи присадочной проволоки и блока управления. СВЕТОВАЯ сварка предназначена для качественной сварки металлов малых толщин - порядка 0,5-2 мм. Обычный луч также используется для закалки деталей, он обеспечивает тонкую дифференцированную термообработку без пережогов и короблений⁹⁹.

Пример 2.73. Определить качество плодов оптическим методам достаточно сложно. Одни из них чистые, другие пыльные, третьи - грязные. Прибор, разработанный во ВНИИ картофельного хозяйства "ощупывает" плоды СВЕТОВЫМ лучом сложного спектрального состава¹⁰⁰.

Пример 2.74. На рисунок протектора наносят слой цветной краски и фиксируют километраж, пройденный автомобилем до истирания, нанесенного слоя. Такой метод оценки изнашиваемости шин прост, пригоден при исследовании долговечности новых типов и конструкций¹⁰¹. Если все шины заранее покрыть слоем краски на определенной глубине, то по появлению краски на шине можно судить, что пора менять шины. В этом примере использовано оптическое поле видимого диапазона.

Пример 2.75. С помощью цветной фотографии можно регистрировать температуру любой точки пламени, распределение температур при взрыве и не нагретых деталях. Съемка производится на цветную спектрзональную пленку, которая дает возможность расширить область регистрируемых температур за пределы **видимого** спектра. Способ позволяет повысить точность замера цветовой температуры более чем в 10 раз по сравнению с известными способами¹⁰².

Пример 2.76. Для определения параметров вибрации (амплитуды) механических устройств можно использовать голографическую систему. Для этого голографическое изображение покоящегося объекта совмещается с

⁹⁷ А.с. № 1 148 130. Изобретатель и рационализатор, № 5, 1989, МИ 0515, с. 1.

⁹⁸ Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения. - Минск: Вышэйшая школа, 1986, с.126-127.

⁹⁹ Новое технологическое применение обычного света. - Изобретатель и рационализатор, № 1, 1971, с. 41.

¹⁰⁰ А.с. № 574 247. Изобретатель и рационализатор, № 6, 1978, МИ 0618.

¹⁰¹ Изобретатель и рационализатор, № 9, 1974, МИ 0946.

¹⁰² А.с. № 282 703. Семенов А. Цветная фотография вместо термомпары. - Изобретатель и рационализатор, № 12, 1971, с. 22).

потоком света, отражаемого им в момент вибрации. Возникает интерференционная картина, по которой оптоэлектронным устройством и определяется амплитуда вибрации¹⁰³.

В данном примере использовано ОПТИЧЕСКОЕ поле.

Пример 2.77. Свежесть продуктов определяют по изменению ЛЮМИНИСЦЕНТНОГО излучения в зависимости от времени его хранения¹⁰⁴.

Пример 2.78. Способ контроля герметичности швов сварных изделий при помощи ЛЮМИНОФОРА и воздействия УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ лучей. Перед сваркой наносят на внутреннюю поверхность свариваемых деталей люминофорную суспензию, а в качестве источника ультрафиолетовых лучей используют сварочную дугу¹⁰⁵.

Пример 2.79. С поиском взрывчатых веществ (ВВ) и наркотиков обычно довольно неплохо справляются специально выдрессированные служебные собаки. Теперь им на помощь приходит наисовременнейшая техника - американские ученые разрабатывают опытный образец оптико-акустического детектора для обнаружения ВВ и наркотиков. Принцип его действия основан на быстром расширении газа при поглощении им лазерного луча. Ячейка для проб воздуха выполнена в виде акустической камеры. Поэтому даже небольшие изменения давления, вызванные лучом лазера, усиливаются в ней, превращаясь в слышимый звуковой сигнал. Длина волны лазерного излучения выбирается в соответствии с линией поглощения того или иного газа. Создание лазера-ищейки продиктовано все увеличивающимся количеством как наркотиков, так и преступников, промышляющий сбытом наркотиков¹⁰⁶.

2.1.2.3.6. Радиоактивное поле

Радиоактивное поле - это в рентгеновский и жесткий (*альфа, бета, гамма излучения*) диапазоны и **потоки частиц**.

Пример 2.80. Пуля, пролетая в воздухе, оставляет на земле след, который можно обнаружить с помощью НЕЙТРОННО-активного анализатора¹⁰⁷.

В примере использовано **нейтронное поле**.

Задача 2.8. Как обнаружить в багаже авиапассажиров взрывчатое вещество? Обычное рентгеновское просвечивание багажа, применяемое в аэропортах, не позволяет выявить в чемодане взрывчатку. Не всегда помогают специально обученные собаки.

Ответ на задачу 2.8. Сейчас в аэропортах ряда стран намечено установить нейтронные обнаружители взрывчатки. Каждая единица контролируемого багажа, перемещаясь транспортером, проходит через специальную камеру, на одной из боковых стенок которой укреплен источник НЕЙТРОНОВ. Под их воздействием вещества, из которых состоят облучаемые предметы, испускают гамма-лучи определенных волн. На противоположной стенке камеры расположены чувствительные

¹⁰³ Изобретатель и рационализатор, № 3, 1989, МИ 0328.

¹⁰⁴ А.с. №№ 144 047, 153 144. Свежа ли рыба? - Изобретатель и рационализатор, № 1, 1971, с. 38).

¹⁰⁵ А.с. № 331 271.

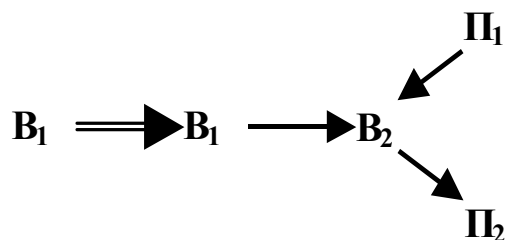
¹⁰⁶ США. Лазер-ищейка. -Социалистическая индустрия, 13.02.75.

¹⁰⁷ Химия и жизнь, № 1, 1975, с. 105.

датчики, связанные с компьютером. Компьютер анализирует данные о длине волны гамма-лучей и рассчитывает содержание в просвечиваемых предметах углерода, азота, водорода и кислорода. Эти элементы в определенных пропорциях входят в любую взрывчатку. В подозрительных случаях выдается сигнал тревоги.

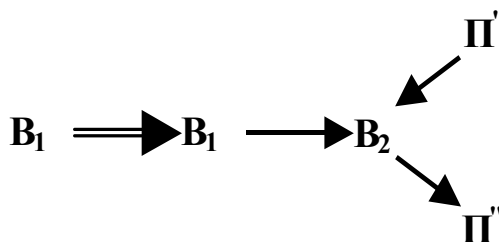
Камера изготовлена из материалов обеспечивающих защиту пассажиров и обслуживающего персонала от облучения¹⁰⁸.

Эта задача на измерение, которую можно представить вепольной моделью (1.21) или (1.22)



где V_1 - багаж, V_2 - взрывчатка, P_1 - поток нейтронов, P_2 - поток гамма-лучей.

Можно представить модель этой задачи в несколько ином виде, если поток нейтронов и гамма-лучи представить как радио поле, то поток нейтронов - P' , а гамма-лучи - видоизменение радио поля - P''



Пример 2.81. Для проведения вторичной переработки металлические отходы надо разделять на отдельные компоненты, среди которых можно обнаружить медь, и силумин, и металлокерамику. Их попадание в доменную печь не допустимо. В Финляндии предложен метод сортировки, исключая ручной труд. Куски металла размером 3-15 см один за другим высыпаются с высоты около трех метров. Во время полета они облучаются РЕНТГЕНОВСКИМИ лучами, что вызывает их флюоресценцию. Каждый металл или сплав имеет свое флюоресцентное излучение и по нему быстродействующий микропроцессор идентифицирует кусок задолго до завершения полета. Компьютер подает команды пневматическим форсункам, "выстреливающим" точно определенную по силе и направлению струю воздуха. Воздушный поток изменяет траекторию падения, и кусок попадает в соответствующий ящик. Точность разделения высока, производительность сепаратора - до шести тон металла в час¹⁰⁹.

¹⁰⁸ Usine nouvelle # 2201, 1989 (Нейтроны обнаруживают взрывчатку. -Наука и жизнь, № 8, 1989, с. 114)

¹⁰⁹ Изобретатель и рационализатор, № 3, 1989, с. 30.

2.1.2.4. Химическое поле

Под химическим полем понимается любая химическая реакция и в том числе запаховое поле.

Пример 2.82. Банковские купюры, обладающие стойким, но слабым ЗАПАХОМ. Для поиска похищенных денег используют собак. Такое вещество предложено в заявке США. В данном решении в качестве поля (информации) использовано химическое.

Пример 2.83. Острый ЗАПАХ проникает в кабину водителя и сигнализирует о засорении воздушного фильтра двигателя внутреннего сгорания (ДВС). ДВС должен питаться свежим воздухом. Для этого в нем есть воздушный фильтр. Если фильтр засорен, то давление в расположенной за ним камере становится ниже атмосферного. В камеру засасывается воздух, циркулирующий под капотом машины, и открывает клапан, запирающий магистраль, связанную с резервуаром пахучей легкоиспаряемой жидкости. Запах в кабину подает меньше чем за секунду¹¹⁰.

Пример 2.84. При резании твердых материалов и сплавов в Германии предложено использовать вместо ножовки тонкую нить из терилена. При каждом движении вперед-назад нить проходит через сосуд с химическим реактивом. Реактив наносится на место резания и разъедает материал. При обратном ходе нить выносит продукты реакции. Для исключения изнашивания и обрыва нить постепенно перематывается с одной катушки на другую. В результате получается идеальная гладкость разреза¹¹¹.

Задача 2.9. ЗАРАСТАНИЕ ТРУБ.

По трубам подавали щелочную жидкость. Трубы зарастали. По другим трубам подавали, кислую жидкость. Кислота разъедала стенки труб.

Ответна задачу 2.9. М.Шарапов предложил подавать по каждой трубе поочередно то кислоту, то щелочь. Кислота разъедает осадок, образуемый щелочью. Труба не засоряется и не изнашивается¹¹².

Пример 2.85. Аналогичным образом очищают отводящие газы от кислых компонентов. Очистку от сернистого ангидрида проводят щелочными сточными водами гидрошлако-золоудаления тепловых электрических станций¹¹³.

2.1.2.5. Использование физхимии

Пример 2.86. Хемилюминесценция использована фирмой "Ремингтон Армс" для создания лампы, в которой свечение возникает при воздействии кислорода воздуха на некоторые химические активные вещества.

2.1.2.6. Биологическое поле

Задача 2.10. БАНК НЕ БУДЕТ ОГРАБЛЕН.

Существует много различных систем для защиты банков, магазинов и т.п. от вооруженных ограблений. Наиболее распространена система, при которой на рабочем месте любого служащего банка есть кнопка,

¹¹⁰ А.с. № 520 113. Сигнализирует непривычный запах. Изобретатель и рационализатор, № 2, 1979, с. 24-25).

¹¹¹ Изобретатель и рационализатор, № 7, 1988, с. 45.

¹¹² А.с. № 239752.

¹¹³ А.с. № 738 645.

тумблер, клавиша, педаль, которую он в случае угрозы должен как-то нажать. Однако статистика показывает, что после команды грабителей: "Всем не двигаться, стреляю без предупреждения" - служащие банка не рискуют включить сигнализацию. Как быть?

Ответ на задачу 2.10. Каждому служащему на кисть руки одевают специальный пьезо-браслет. Когда в банк врываются грабители и вытаскивают оружие, пульс всегда резко учащается, что фиксируется браслетом. Если пульс участился сразу у трех служащих - система сигнализации сама срабатывает - блокируются все двери, а в помещение пускается усыпляющий газ¹¹⁴.

2.2. Виды веществ

Под **веществом** будем понимать любой объект или систему (техническую или природную), их частей, материалов или элементарных частиц (электронов, протонов и т.п.).

Среди природных объектов, например, можно быть: дерево, лес, река, гора, полезные ископаемые, Земля, Солнце и т.д. Под техническими системами будем понимать от самых элементарных, например, гвоздь, до самых сложных изделий, например, корабль, самолет, ракета. Кроме того, вещество - это часть конструкции, материал, из которого состоят взаимодействующие объекты.

Условно все вещества можно разделить по степени **связанности** и степени **управляемости**.

2.2.1. Виды веществ, различные по степени связанности.

Степень **связанности** описывается тенденцией увеличения степени дробления (дисперсности)¹¹⁵. Кратко опишем последовательность **ДРОБЛЕНИЯ** системы (рис. 2.1).

Эта последовательность характеризуется переходом от **твердой монолитной системы (1)** к полностью **гибкому (эластичному) объекту (2)**. Дальнейшее дробление приводит к разделению объекта на отдельные части, не связанные между собой или связанные с помощью какого-либо поля, например, магнитного.

Дробление идет в сторону измельчения каждой части вплоть до получения мелкодисперсного порошка или микросфер, т.е. объект становится **порошкообразным (3)**. Следующий переход приводит к **гелю (4)** - пастообразному веществу. Затем изменяется степень вязкости вещества до получения **жидкости (5)**. Далее изменяется степень связанности жидкости. Происходит использование более легких и летучих жидкостей и **аэрозолей (6)**. Содержание газа в аэрозоле увеличивается, и таким образом происходит переход к **газу (7)**. Постепенно используется все более легкий газ. Затем газ становится более разряженным, следующий шаг приводит к крайнему состоянию - образованию вакуума. Последнее состояние в этой цепочке - использование **поля (8)**.

¹¹⁴ Пат. Франции № 2 107 798.

¹¹⁵ Работа впервые была доложена В. Петровым на семинаре преподавателей и разработчиков ТРИЗ (Петрозаводск-82) и описана в работах:

Петров В.М. Идеализация технических систем. - Областная научно-практическая конференция "Проблемы развития научно-технического творчества ИТР". Тезисы докладов. Горький, 1983, с. 60-62.

Петров В.М. Закономерности развития технических систем. - Методология и методы технического творчества. - Тезисы докладов и сообщений к научно-практической конференции 30 июня - 2 июля 1984 г. - Новосибирск, 1984, с. 52-54.

На новом витке развития система вновь становится монолитной. На рисунке это показано в виде петли обратной связи.

Промежуточное состояние в каждом из указанных переходов может занимать "пена" в твердом, жидком, газообразном и прочих видах. Кроме того, возможна **комбинация (9)** из указанных состояний в любом сочетании. С целью повышения эффективности могут быть использованы технологические эффекты, характерные для данного состояния.

Итак, по степени **связанности** вещества могут быть:

- **твердые,**
- **гели,**
- **жидкости,**
- **аэрозоли,**
- **газы,**
- **комбинированные.**

В свою очередь **твердые** вещества разделяются на:

- **монолитные,**
- **монолитные части, соединенные жесткими связями,**
- **монолитные части, соединенные гибкими связями,**
- **полностью гибкие,**
- **отдельные части или частицы.**

УВЕЛИЧЕНИЕ СТЕПЕНИ ДРОБЛЕНИЯ

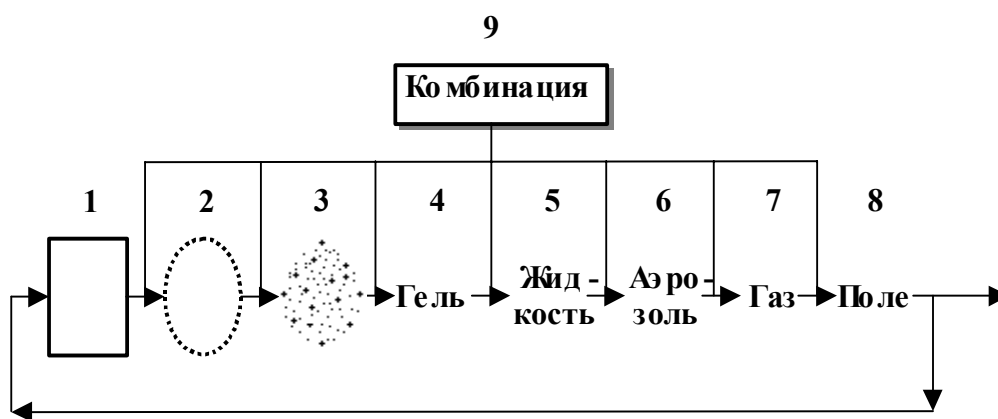


Рис . 2.1

Примеры: 1 - негибкое вещества, например, металл, дерево и т.п.; 2 - резина, ткань, пленка, тонкие куски металла, например фольга, трос и т.п.; 3 - отдельные, несоединенные части, шарики, зерно, песок, микросферы, пыль и т.п.; 4 - желе, студень, паста, крем и т.п.; 5 - жидкости различной плотности, от жидких масел до спирта, эфира и жидких газов; 6 - аэрозоли с различным процентным содержанием жидкости и газа; 7 - газы различной плотности, от тяжелых до самых легких.

На этапе 1 широко применяются геометрические и некоторые физические эффекты. Сочетание этих эффектов часто встречается в строительстве при использовании предварительно напряженных конструкций.

Полная схема дробления приведена на рис. 2.2. В нее дополнительно введены переходы от состояния (1) к состоянию (2), от (2) к (3) и переходы состояний (1) и (2) к капиллярно-пористым материалам (КПМ).

УВЕЛИЧЕНИЕ СТЕПЕНИ ДРОБЛЕНИЯ (общая схема)

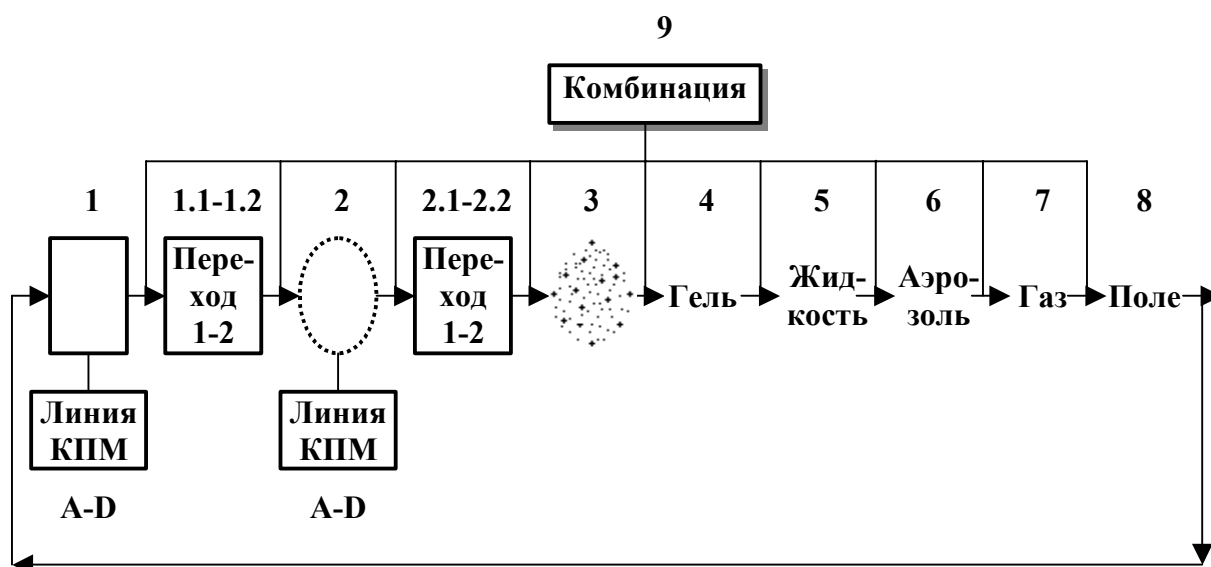


Рис. 2.2.

Где

- 1. - монолит в твердом состоянии;
- 1.1-1.2 - переход 1-2 - переход от твердого к гибкому состоянию (см. рис. 2.3);
- 2. - монолит в гибком состоянии;
- 2.1-2.2 - переход 2-3 - переход от гибкого к порошкообразному состоянию (см. рис. 2.4);
- 3. - отдельные несвязанные части, песок, порошок;
- 4. - пастообразные вещества, гели, коллоидные растворы;
- 5. - жидкости;
- 6. - газы;
- 7. - аэрозоли;
- 8. - поля;
- 9. комбинация.

Переход от монолитной (твердой) системы (1) к гибкой (2) происходит по определенной закономерности, показанной на рис. 2.3. Рассмотрим эту закономерность.

Первоначально объект разбивается на части, вплотную присоединенные друг к другу (1.1,а). Это соединение может быть разъемное (резьбовое, шпоночное и др., а также выполненное с помощью различных полей) и неразъемное (клеевое, сварное, и др.). Дальнейшее разбиение приводит к увеличению количества частей в системе (1.1, б, в). Для повышения эффективности конструкций используются геометрические и физические эффекты, например, различные формы частей и связей, предварительно напряженные конструкции.

На следующем этапе отдельные части соединяются жесткими связями (1.2 а). Количество частей и связей увеличивается.

Далее жесткость связей уменьшается, и постепенно связи делаются гибкими - шарнирными, пружинными и т.п. (1.2 б).

ПЕРЕХОД ОТ ТВЕРДОГО СОСТОЯНИЯ К ГИБКОМУ

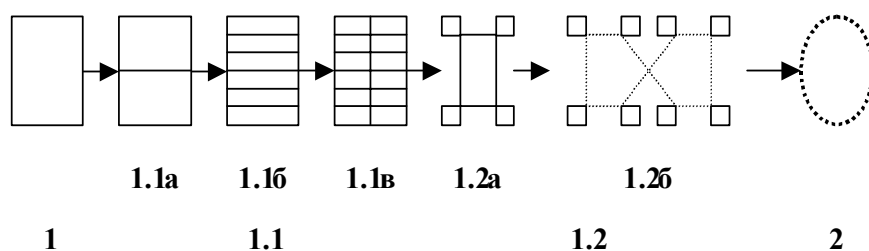


Рис . 2.3.

Подобная же последовательность характерна и для перехода от эластичного вещества (2) к порошкообразному (3). Она изображена на рис. 2.4. Вантовые конструкции являются одним из примеров использования технологических эффектов на данном переходе.

ПЕРЕХОД ОТ ГИБКОГО СОСТОЯНИЯ К ПОРОШКООБРАЗНОМУ

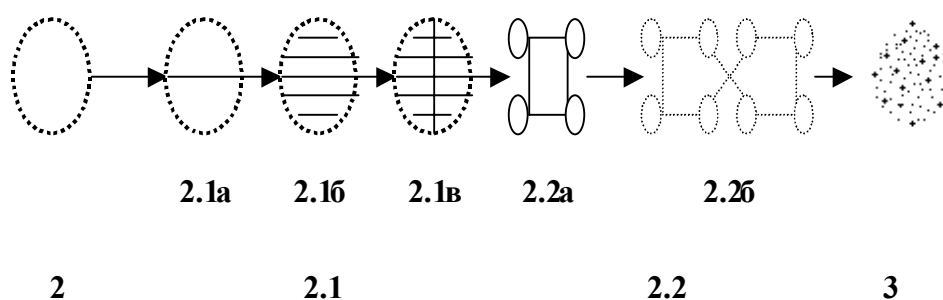


Рис . 2.4.

В вантовых конструкциях основным несущим элементом сооружения служат натянутые стальные тросы или система тросов (тросовые фермы), по которым укладываются тонкие мембраны из стали, алюминия, дерева и пр. Для покрытия зданий с большим пролетом вантовые конструкции представляются наиболее эффективным решением.

2.2.2. Виды веществ, различные по степени управляемости

Наиболее целесообразно в полном анализе использовать вещества, легко управляемые с помощью различных полей. Рассмотрим некоторые, наиболее часто употребляемые вещества.

2.2.2.1. Вещества, чувствительные к механическим полям:

- пьезоматериалы (например, кварц или пьезокерамика);
- тензочувствительные элементы;
- сегнетоэлектрики.

2.2.2.2. Вещества, чувствительные к тепловым полям:

2.2.2.2.1. Металлы

2.2.2.2.2. Биметаллы

2.2.2.2.3. Материалы с фазовыми переходами

2.2.2.2.3.1. Материалы с фазовыми переходами 1-го рода

- жидкости
 - снег
 - лед
 - воск, парафин и т.п.
 - легкоплавкие металлы
 - соли
- 2.2.2.2.3.2. Материалы с фазовыми переходами 2-го рода
- материалы с памятью формы
 - материалы с точкой Кюри и точкой Нееля
- 2.2.2.2.2.4. Тепловые трубы
- 2.2.2.2.2.5. Жидкие кристаллы

2.2.2.3. Вещества, чувствительные к магнитным полям:

- 2.2.2.3.1. Ферромагнитные вещества
- с точкой Кюри
 - с эффектом Баркгаузана
 - с эффектом Гопкинса
- 2.2.2.3.2. Антиферромагнитные вещества
- с точкой Нееля
- 2.2.2.3.3. Магниторезисторы
- 2.2.2.3.4. Сегнетоэлектрики

2.2.2.4. Вещества, чувствительные к электрическим полям:

- 2.2.2.4.1. Проводники
- 2.2.2.4.2. Пьезоматериалы
- кварц
 - керамика
- 2.2.2.4.3. Жидкие кристаллы
- 2.2.2.4.4. Электреты

2.2.2.5. Вещества, чувствительные к оптическим и рентгеновским полям:

- люминофоры
- фоточувствительные материалы
- поляризованные.

2.2.2.6. Вещества, чувствительные к химическим полям:

- растворимые вещества
- взрывчатые вещества
- полимеризуемые вещества

3. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЕПОЛЕЙ

3.1. Закон увеличения степени вепольности

Тенденции развития веполей подчиняются закону увеличения степени вепольности, разработанному Г.Альтшуллером и описанному в [9]. В данной работе закон излагается в усовершенствованном авторами виде. Закон описывает последовательность изменения структуры и элементов (веществ и полей) веполей с целью получения более управляемых технических систем, т.е. систем более идеальных. При этом в процессе изменения необходимо осуществлять согласование веществ, полей и структуры.

Закон увеличения степени вепольности имеет вид (рис. 3.1): переход от **невепольной** системы к **простому** веполю; **изменение** и последующее **согласование** веществ и полей; **изменение** структуры веполя; переход к **форсированному** веполю.

Конкретизация, описанного закона может быть представлена в виде отдельных линий или механизмов. Каждая линия может быть описана в общем или более детальном виде. Детализация предусматривает комбинацию простых элементов и структур.

В данной работе будет представлена общая структура вепольного анализа и его упрощенный вариант без наиболее сложных структур и деталей. Подробно материал излагается в учебном пособии по вепольному анализу¹¹⁶

Изменение **структуры веполя** означает переход от **простого веполя** к **комплексному**, от комплексного к **сложному** (рис. 3.1.1).

Комплексный веполь может быть: *внутренний, внешний и на внешней среде* (рис. 3.1.1.1).

Сложный веполь представлен тремя типами: *цепной, двойной и смешанный* (рис. 3.1.1.2).

Форсированные веполи - веполи, использующие более управляемые вещества и поля, которые согласованы между собой. Изменение структуры форсированных веполей происходит аналогично цепочке, показанной на рис. 3.1.1. Эта тенденция показана на рис. 3.1.2.

Таким образом, в тенденциях развития веполей можно выделить тенденцию построения веполей. Другие тенденции вепольного анализа рассматривают преобразование веполей с целью повышения эффективности технических систем или ликвидации в них вредных связей. Они являются следствием закона увеличения степени вепольности технических систем. При преобразовании в веполях могут изменяться элементы (вещества и поля) и структура. Эти изменения могут осуществляться частично или полностью, в пространстве и во времени.

¹¹⁶ Петров В., Злотина Э. Структурный вещественно-полевой анализ. Учебное пособие. Тел-Авив, 1992.

ЗАКОН УВЕЛИЧЕНИЯ СТЕПЕНИ ВЕПОЛЬНОСТИ

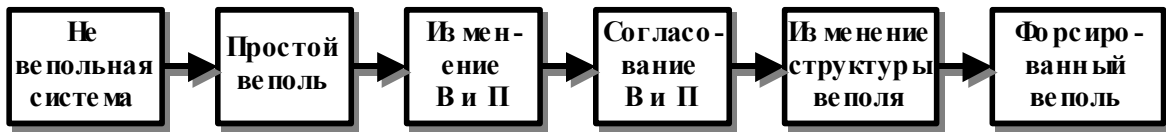


Рис . 3.1

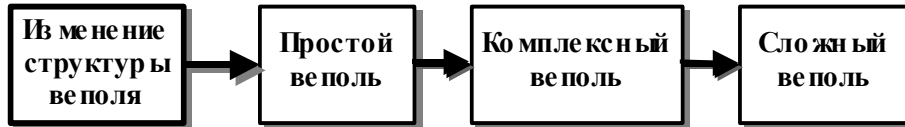


Рис . 3.1.1.

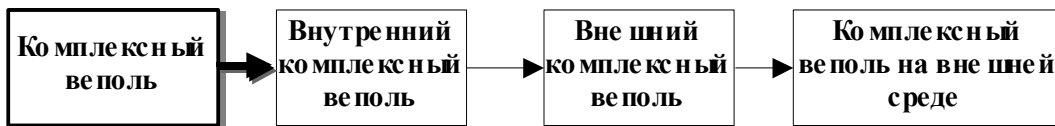


Рис . 3.1.1.1.

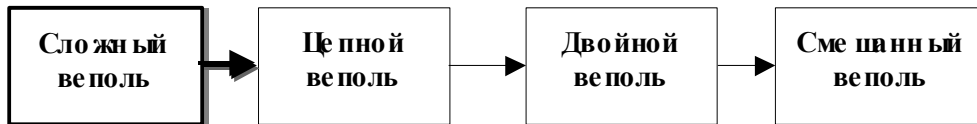


Рис . 3.1.1.2.

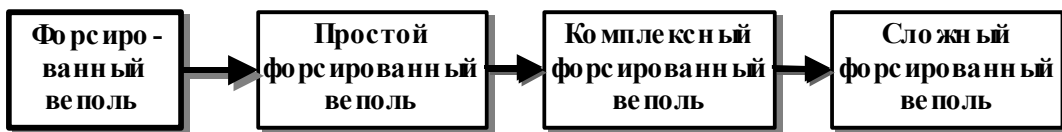


Рис . 3.1.2.

Практически после построения веполя целесообразно подобрать другие, более подходящие вещества или поля, и после их замены согласовать вновь введенные элементы с имеющимися.

Иногда этого достаточно для повышения эффективности системы.

Дальнейшее развитие системы идет путем изменения структуры (замены простого веполя комплексным, сложным или сложным комплексным) и использования форсированных веполей.

Рассмотрим более подробно отдельные тенденции построения и развития веполей.

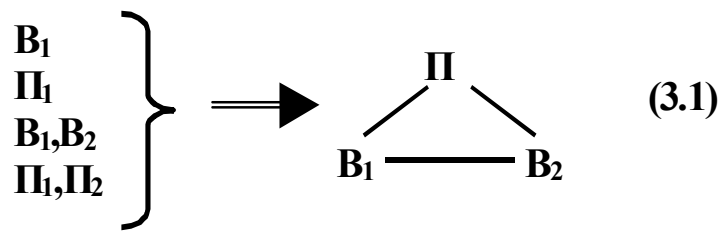
3.1.1. Построение веполей

Первая тенденция развития веполей - **достройка** (построение) веполей. Она формулируется следующим образом:

Невепольные системы для повышения управляемости необходимо сделать вепольными.

Системы, состоящие из *одного элемента* (вещества V_1 или поля Π), или *двух элементов* (двух веществ V_1, V_2 или вещества V_1 и поля Π), называются **невепольными**.

Схемы невепольных систем показаны формулами (1.9)-(1.16), а веполь - (1.1), тогда тенденцию построения веполей можно изобразить формулой (3.1).



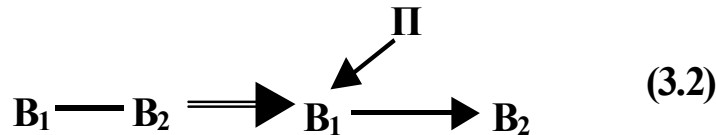
Пример 3.1. Обычно кору древесины отделяют механически в специальных корообдирочных барабанах или механическими инструментами. При этом повреждается и сама древесина.

Разберем эту задачу с позиций вепольного анализа.

Древесина - это V_1 , кора - V_2 . Система не вепольная.



Достройка веполя заключается в ведении поля Π , воздействующего только на кору в направлении ее отрыва от древесины. Это показано вепольной формулой (3.2)



Какое поле можно использовать в данном случае?

Как известно, между корой и древесиной находятся клетки, содержащие большое количество влаги, вскипание которой может оторвать кору. Вскипание можно осуществить с помощью вакуума или нагрева, например, токами высокой частоты. Таким образом, вепольный анализ рекомендует использовать тепловое поле.

Остальные тенденции вепольного анализа рассматривают преобразование веполей с целью повышения эффективности технических систем и ликвидации в них вредных связей. Тенденции и правила являются следствием закона увеличения степени вепольности, который повышает степень управляемости системы.

3.1.2. Комплексный веполь

Комплексный веполь - веполь с дополнительным введенным веществом V_3 , которое может присоединяться к V_1 или V_2 , повышая управляемость системой или придавая ей новые свойства, тем самым, повышая эффективность технической системы.

Тенденция развития комплексных веполей, показана на рис. 3.1.1.1, следующая: первоначально используют **внутренний** комплексный веполь, который заменяется **внешним** комплексным веполем, а затем комплексным веполем **на внешней среде**.

Эта тенденция обусловлена, прежде всего, тем, что добавки значительно легче

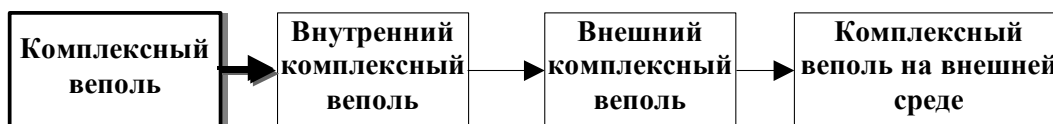
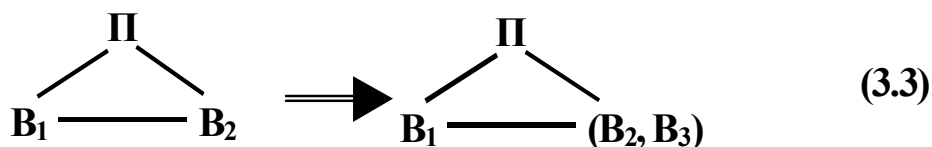


Рис. 3.1.1.1.

вводить не внутрь системы, а прикреплять ее снаружи или еще легче вводить в окружающую среду. Кроме того, такую добавку легко удалить или заменить при необходимости.

3.1.2.1. Внутренний комплексный веполь

Во внутреннем комплексном веполе вещество V_3 вводится внутрь веществ V_1 или V_2 . В формуле (3.3) это показано в виде скобок.



Пример 3.2. Известен способ упаковки и консервации изделий путем окунания их в расплав полимера. Снимать такую упаковку с изделий со сложнорельефной поверхностью достаточно тяжело. Приходится ее разрезать, что может привести к порче ее поверхности.

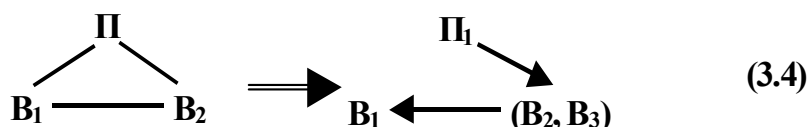
Здесь

V_1 - изделие,

V_2 - упаковка,

П - сила, с которой упаковка удерживается на изделии.

Чтобы облегчить эту операцию предложено перед окунанием в расплав ввести подслой, содержащий парообразующее вещество при низкой температуре. Съём упаковки осуществляется путем нагрева упаковки. Под упаковкой образуется пар, который разрывает упаковку¹¹⁷. Формула (3.3) в данном случае будет иметь вид (3.4).

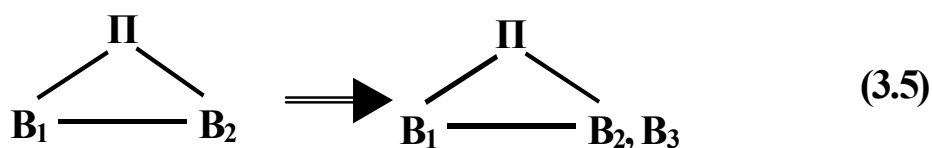


Где V_3 - подслои, содержащий парообразующее вещество,

П_1 - температурное поле.

3.1.2.2. Внешний комплексный веполь

Внешний комплексный веполь, где добавка V_3 присоединяется внешне к V_1 или V_2 описывается формулой (3.5). Этот вид комплексного веполя используется, когда невозможно или нежелательно вводить V_3 внутрь имеющихся веществ.



Пример 3.3. Чтобы радиоэлемент при демонтаже не испортился, перед нагревом в место распайки вводят припой с температурой плавления ниже температуры плавления основного припоя. Дополнительный припой, представляющий собой сплав олово-свинец-висмут, существенно уменьшает термоудар по радиоэлементу¹¹⁸.

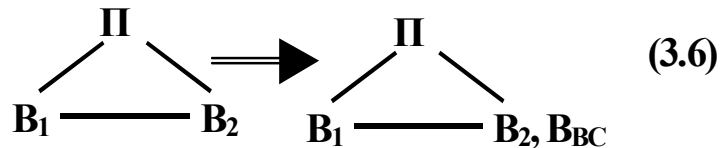
¹¹⁷ А.с. № 880 889.

¹¹⁸ ИР, 6/87, МИ 0621, с. 1.

3.1.2.3. Комплексный веполю на внешней среде

3.1.2.3.1. Использование внешней среды

В комплексном веполе на внешней среде в качестве V_3 используется вещество внешней среды (3.5) или ее видоизменение (3.6). Этот вид комплексного веполя

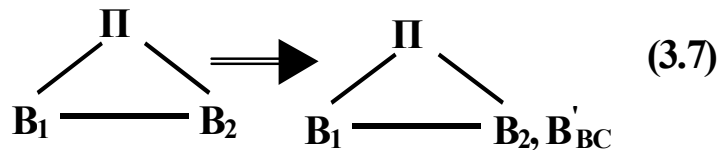


целесообразно использовать, когда невозможно или нежелательно присоединять V_3 к имеющимся в системе веществам.

Пример 3.4. Очистку железнодорожных путей можно проводить набегавшим на локомотив потоком воздуха, направляя его в нужное место с помощью специальных экранов и отверстий¹¹⁹.

3.1.2.3.2. Использование видоизмененной внешней среды

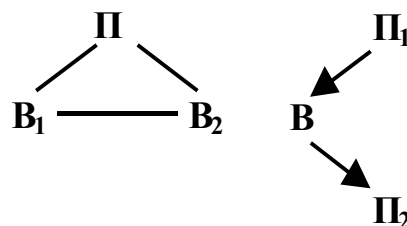
В данном комплексном веполе на внешней среде в качестве V_3 используется видоизмененное вещество внешней среды $V'_{ВС}$ (3.7).



Пример 3.5. При измерении глубины реки через ледяную поверхность необходимо обеспечить надежный контакт ультразвукового излучателя со льдом. Это легко сделать, если на лед собрать снег и утрамбовать его самим излучателем¹²⁰.

3.1.3. Сложные веполи.

Сложные веполи - это сочетание веполей вида (1.1) и (1.4):

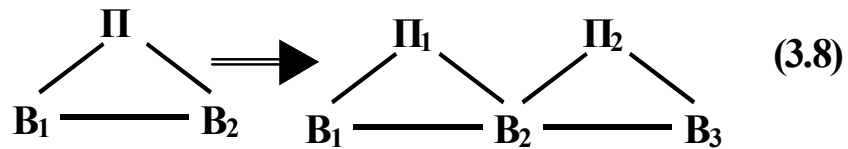


Грубо их можно разделить на три типа:

- цепные,
- двойные
- смешанные.

¹¹⁹ А.с. № 1 054 483.

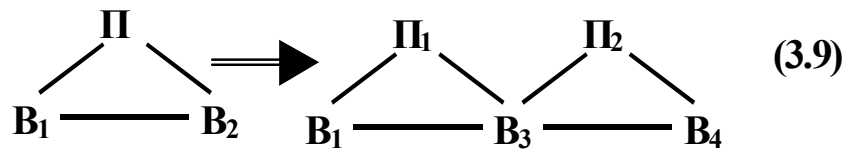
¹²⁰ А.с. № 900 233.



3.1.3.1. Цепной веполь

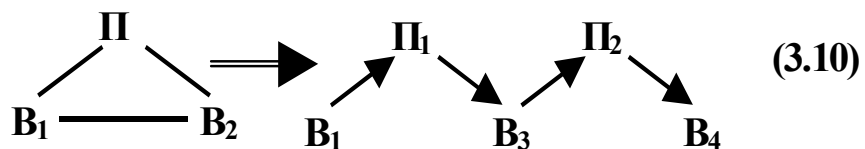
Цепной веполь образуется при разворачивании B_2 в новый веполь и может быть представлен и в виде (3.8).

Вещество B_2 преобразуется в новый веполь, поэтому такой веполь может иметь и вид (3.9).



Пример 3.6. Калометрический метод измерения мощности. Для измерения мощности, поглощаемой нагрузкой в сверхвысокочастотном (СВЧ)-диапазоне, определяется количество тепла, отдаваемое нагрузкой рабочему телу (воде), причем, часто само рабочее тело используется как нагрузка. С помощью измерительного узла регистрируется температура рабочего тела и по ее значению определяется значение мощности¹²¹.

Для данного примера веполь можно представить формулой (3.10)



где

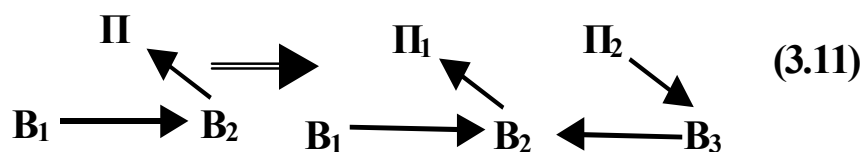
- B_1 - СВЧ-генератор,
- B_2 - нагрузка,
- Π_1 - электромагнитное поле,
- B_3 - рабочее тело (вода),
- Π_2 - тепловое поле,
- B_4 - датчик температуры воды.

Пример 3.7. Декоративный светильник, который с изменением атмосферного давления меняет цвет. Раньше светофильтр был один. Он был жестко закреплен. В данном изобретении светофильтры закреплены на гофрированной вакуумной камере, которая меняет свой объем в зависимости от атмосферного давления и передвигает разноцветные светофильтры¹²².

¹²¹ Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения.-Минск: Вышэйшая школа, 1986, 320 с.

¹²² А.с. № 779 726.

Структурная формула этого решения (3.11):

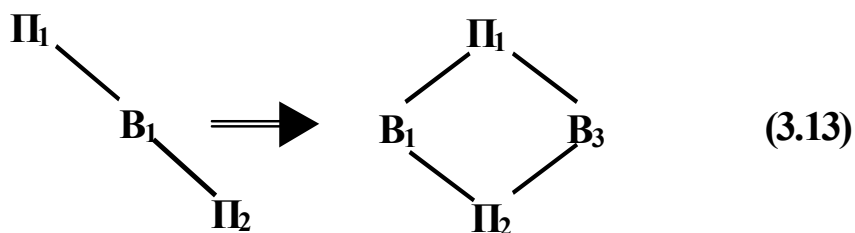
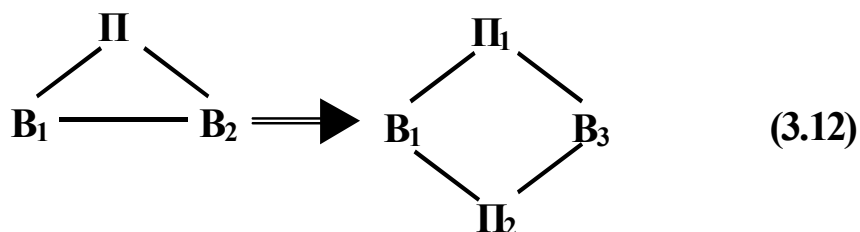


где

- V_1 - лампа,
- V_2 - светофильтр (светофильтры),
- Π_1 - свет оптическое поле,
- V_3 - камера,
- Π_2 - атмосферное давление.

3.1.3.2. Двойной веполь

Двойной веполь описывается формулами (3.12) и (3.13)



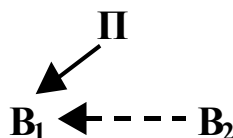
Задача 3.1.

В лаборатории под руководством академика П.Л.Капицы исследовалась искусственная шаровая молния в герметичной кварцевой цилиндрической камере, заполненной гелием под давлением 3 атм. Под действием мощного электромагнитного поля в гелии возникает плазменный шнуровой разряд, стягивающийся в сферический сгусток плазмы - "шаровую молнию". Для удержания "шаровой молнии" в центре камеры используют соленоид, расположенный вокруг камеры. По программе эксперимента нужно было увеличить мощность шаровой молнии, для чего повысить мощность электромагнитного излучения.

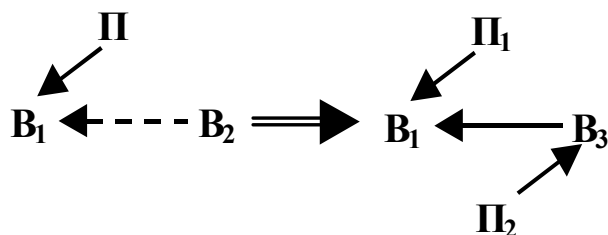
Плазма стала более горячей, и, следовательно, менее плотной. Шаровая молния при этом становится легче и всплывает вверх, касаясь стенок камеры и разрушая их. Электромагнитные силы не уравнивают архимедовы силы. Чтобы удержать молнию в центре камеры, попробовали повысить мощность магнитного поля в соленоиде, но ничего не получилось. Сотрудники предложили строить новую установку с более мощным соленоидом, но П.Л.Капица поступил иначе. Как?

Дан неэффективно управляемый веполь: V_1 - молния, на которую действует гравитационное поле - Π_1 , V_2 - газ, который не уравнивает действие гравитационного поля.

Чтобы повысить управляемость рассмотренного веполя необходимо ввести



противодействующее поле Π_2 в соответствии с формулой (3.13).



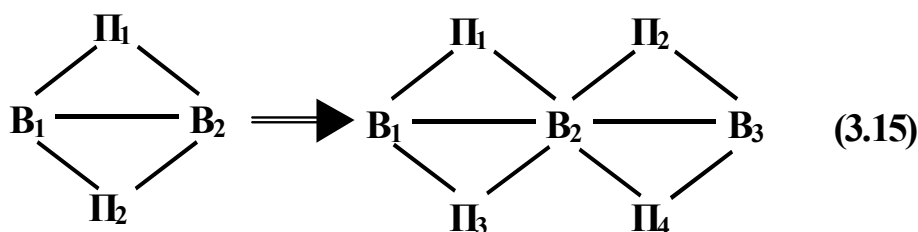
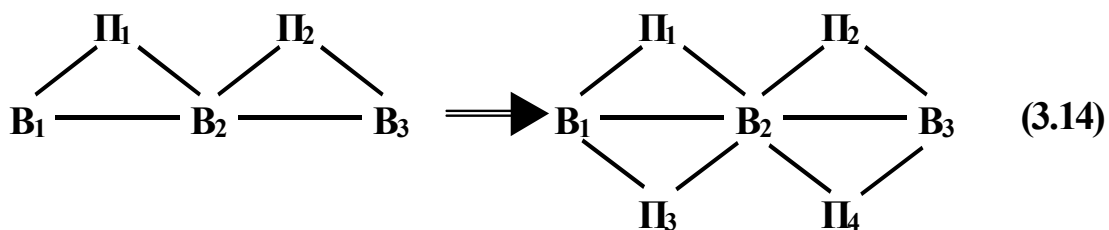
Поле Π_2 должно противодействовать гравитационному полю Π_1 . Эффективнее всего было бы использовать электромагнитное поле, но для этого нужно было бы полностью переделывать установку. В соответствии с тенденцией развития веполей первоначально следует использовать механические поля. Наиболее эффективное, в данном случае - поле центробежных сил.

П.Л.Капица предложил завертеть газ, придавая ему непрерывное вращение, которое осуществлялось воздуходувками, хорошо знакомые всем по домашнему пылесосу. Впрочем, именно домашний пылесос и был использован на первых порах¹²³.

3.1.3.3. Смешанный веполю

Смешанный веполю представляет собой сочетание цепного (3.8) и двойного (3.12) и (3.13) веполей.

Переход от цепного веполя к смешанному показан формулой (3.14), а переход от двойного к смешанному - формулой (3.15)



Пример 3.8. Для очистки воздуха в производственных помещениях используют громоздкие фильтры. Предлагается для этой цели применять циклоны. В циклоне загрязненный воздух раскручивается с большой скоростью, частички пыли, висящие в воздухе, отбрасываются к стенкам, ударяются о них и падают в пылесборник¹²⁴.

В этом решении использован двойной веполю, описываемый формулой (3.12). Можно усовершенствовать это решение.

Недостаток рассмотренного циклона состоит в том, что мелкая пыль не долетает до пылесборника, а оседает на стенках вытяжной трубы (вытяжки). Поэтому приходится циклон время от времени останавливать и чистить трубу. Попробуем перейти к смешанному веполю, описываемому формулой (3.15). Чтобы пыль не засоряла вытяжку, всю трубу превратили в электрод - полый цилиндр из металла, утыканный иголками, располагающимися на выходе трубы. На электрод подается электрическое поле, которое отталкивает пыль от вытяжной трубы. Таким образом, пыль оказывается в пылесборнике.

¹²³ Химия и Жизнь, № 3, 1971, с.8

¹²⁴ ИР, 6/75,с.20

3.1.4. Форсированные веполь

Для повышения эффективности вепольных систем (простых, комплексных и сложных) следует использовать более управляемые вещества и поля.

Переход к более управляемым веществам, частично был описан в п. 2.2.1, в виде закономерности **увеличения степени дробления вещества**, а переход к более управляемым полям описывается **законом перехода на микроуровень** и **механизмом перехода к более управляемым полям**¹²⁵. Как правило, использование более управляемых полей связано с применением технологических эффектов.

Способ выбора эффекта будет описан в следующем параграфе.

Как было указано в п. 3.1 (рис. 3.1.2), такие веполь принято называть **форсированными**.

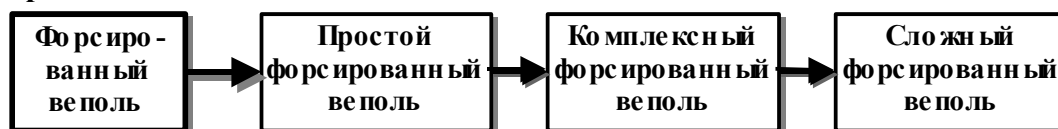


Рис. 3.1.2.

В соответствии с изменением структуры веполь (рис. 3.1.1) **форсированный веполь** может быть:

- **простой форсированный веполь,**
- **комплексный форсированный веполь,**
- **сложный форсированный веполь.**

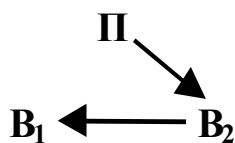
В свою очередь, в соответствии с представлением о комплексном веполь (рис. 3.1.1.1), комплексные форсированные веполь могут быть **внутренние** и **внешние комплексные форсированные веполь**, и **комплексные форсированные на внешней среде** (с использованием вещества внешней среды или его видоизменения)¹²⁶.

Приведем примеры форсированных веполь.

3.1.4.1. Простой форсированный веполь

Простым форсированным веполь называется простой веполь с использованием более управляемых веществ и полей.

Пример 3.9. Заусенцы обычно снимают с помощью напильника. В вепольной форме это может быть представлено в виде:



где

- В₁** - изделие с заусенцами (или сами заусенцы),
- В₂** - напильник,
- П₁** - механическое поле (линейные перемещения напильника, совершаемые рабочим).

Таким образом, это простой веполь. Покажем развитие этого технологического процесса.

Усилия рабочего могут быть заменены механизмом, рабочий орган, которого используем различные поля.

Заусенцы можно снимать с помощью абразивного круга, войлочного или матерчатого кругов с абразивом. Произошла замена на более управляемое поле. Линейное перемещение

¹²⁵ Эти законы описаны в "Петров В., Злотина Э. Законы развития технических систем. Тель-Авив, 1992".

¹²⁶ Комплексные форсированные веполь рассматриваются в "Петров В., Злотина Э. Структурный вещественно-полевой анализ. Учебное пособие. Тел-Авив, 1992".

заменяется вращением. Вещество напильника B_2 (металл) заменено более управляемым веществом (абразив), которое представляет собой соединенные (запеченные) мелкие частички.

Дальнейший форсирование - переход к пескоструйкам и дробеструйкам. Здесь в качестве вещества B_2 используются мелкие частички (песчинки или дробинки), а поля Π_1 - поток воздуха.

Следующий переход - поле линейных перемещений Π_1 можно заменить центробежным, например, в случае использования галтовки.

Здесь вместо напильника используется абразив, например, в виде пирамид, а вместо линейного перемещения напильника, совершаемые рабочим, использовано центробежное поле.

Следующим шагом может быть замена центробежного поля еще более управляемым, например, полем давления и "микровзрывам" (кавитации).

Пример 3.10. Предложена ультразвуковая установка, которая снимает с помощью КАВИТАЦИИ заусенцы со всевозможных деталей. Установка работает при повышенном статическом давлении в рабочей камере, и это давление придает особую силу кавитационным ударам, перед которыми не может устоять даже алмаз¹²⁷

Это иллюстрация перехода от простого к простому форсированному веполу.

3.1.4.2. Комплексный форсированный веполь

Комплексным форсированным веполем называется комплексный веполь с использованием более управляемых веществ и полей.

3.1.4.2.1. Внешний комплексный форсированный веполь

Внешним комплексным форсированным веполем называется внешний комплексный веполь с использованием более управляемых веществ и полей.

Пример 3.11. Брошенную (потерянную) в море рыболовную сеть очень тяжело затем обнаружить: визуально она практически не видна, а радиолокатор (радар) не получает отраженного сигнала. Отражательная способность сетей может быть обеспечена, если ткань (нити) из синтетических волокон покрыть никелем. Металлизация практически не нарушает эластичности ткани, а вот обнаруживаемость ее с помощью локатора резко повышается¹²⁸.

Вернемся к рассмотрению процесса снятия заусенцев.

Пример 3.12. Абразив соединяют (например, склеивают) с ферромагнитными опилками, а центробежное поле создают с помощью вращающегося магнитного поля.

3.1.4.2.2. Внутренний комплексный форсированный веполь

Внутренним комплексным форсированным веполем называется внутренний комплексный веполь с использованием более управляемых веществ и полей.

Пример 3.13. Способ обработки резанием тонкостенных деталей. В процессе резания деталь растягивают в продольном и поперечном направлениях. Для этого внутрь детали помещают элемент, расширяющийся при НАГРЕВАНИИ больше чем материал детали.¹²⁹

Пример 3.14. В примере по снятию заусенцев ферромагнитные частицы помещают внутри абразива, например, путем спекания (внутри абразива ферромагнитные частицы).

3.1.4.2.3. Комплексный форсированный веполь на внешней среде

Комплексным форсированным веполем на внешней среде называется комплексный веполь на внешней среде с использованием более управляемых веществ и полей.

¹²⁷ А.с. № 205 355 ИР, 7/71, с.8; ИР, 8/68.

¹²⁸ ИР, 2/87, с. 27

¹²⁹ А.с. 614 893. ИР, 2/79, МИ 0247

Пример 3.15. Снятию заусенец можно осуществлять с помощью суспензии жидкости с ферромагнитными частицами с абразивными свойствами и вращающееся магнитное поле. Может быть использована и магнитная жидкость.

3.1.4.3. Сложный форсированный веполь

Сложным форсированным веполем называется сложный веполь с использованием более управляемых веществ и полей.

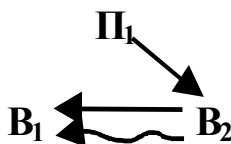
3.1.4.3.1. Цепной сложно-форсированный веполь.

Цепным сложно-форсированным веполем называется цепной сложный веполь с использованием более управляемых веществ и полей.

3.1.4.3.2. Двойной сложно-форсированный веполь.

Двойным сложно-форсированным веполем называется двойной сложный веполь с использованием более управляемых веществ и полей.

Пример 3.16. Тонкостенные баллоны обрабатываются на токарном станке. При этом баллон часто деформируется. Этот процесс описывается простым веполем, где



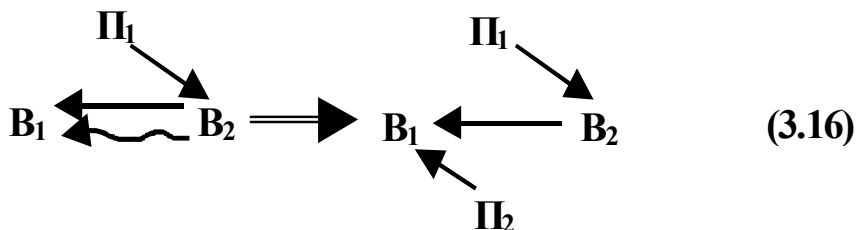
V_1 - баллон,

V_2 - резец,

P_1 - сила резания (давления).

Резец (V_2) воздействует на баллон (V_1) положительно (прямая стрелка) - обрабатывает его, и отрицательно (волнистая стрелка) - сминает баллон.

Чтобы предотвратить это используют противодействующее поле P_2 , т.е. переходят к сложному (двойному) веполю по формуле (3.16).



Тонкостенные баллоны высокого давления обрабатывают посредством снятия стружки. Чтобы предотвратить деформацию баллона его предварительно закрывают заглушкой, затем его заполняют жидкостью под давлением, равным рабочему, и герметизируют, после чего осуществляют обработку резанием¹³⁰.

Где в формуле (3.16) для данного решения P_2 - давление внутри баллона.

Посмотрим, какое более управляемое поле может быть использовано. Например, температурное поле.

Пример 3.17. Способ обработки резанием тонкостенных деталей. В процессе резания деталь растягивают в продольном и поперечном направлениях. Для этого внутрь детали помещают элемент, расширяющийся при НАГРЕВАНИИ больше, чем материал детали¹³¹.

¹³⁰ А.с. № 412 985.

¹³¹ (А.с. 614 893.ИР, 2/79, МИ 0247).

Использование еще более управляемых полей, например, магнитного или электрического, можно осуществить, если использовать магнитную или реологическую жидкости.

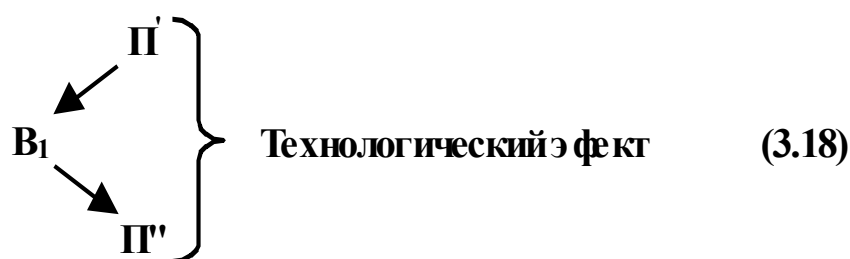
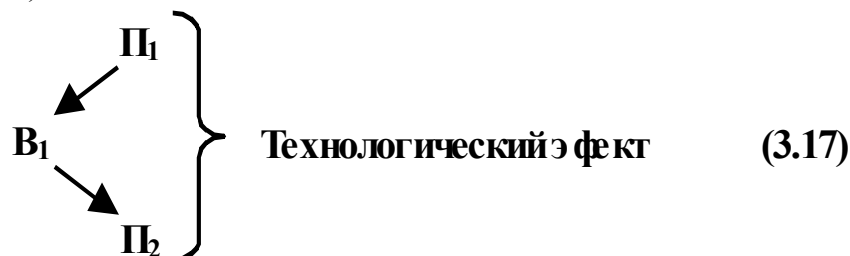
Пример 3.18. В баллон наливают магнитную или реологическую жидкости и с помощью магнитного или электрического полей (соответственно) создают необходимое давление внутри баллона.

Это пример перехода к сложному форсированному веполю.

3.1.5. Нахождение нужного эффекта

Вид технологического эффекта, который необходимо использовать в форсированном или комплексно-форсированном веполе, определяется следующим образом.

Если вещество V_1 преобразует одно поле Π_1 в другое Π_2 , описанное формулой (1.20), или изменяет параметры поля Π' на Π'' , описанное формулой (1.21), то **название искомого технологического эффекта** получают соединением полей. Это описывается формулами (3.17) и (3.18) соответственно.



В соответствие с этим определяется не только структура будущего решения, но и вид технологического эффекта, который нужно использовать, т.е. веполюный анализ является инструментом для нахождения нужных технологических эффектов (физических, химических, биологических или геометрических) при решении конкретных задач. Окончательный поиск нужного эффекта осуществляется с помощью указателей эффектов.

Пример 3.19. Микрофон V_1 переводит звуковые колебания (акустическое поле) Π_1 в электрические Π_2 . Название необходимого эффекта - акустоэлектрический, по указателю физических эффектов находим подходящие эффекты - пьезо- и сегнетоэлектрический эффекты.

Пример 3.20. Основным параметром, характеризующим эффективность генератора СВЧ (сверхвысокочастотных) электромагнитных колебаний, является излучаемая мощность. Для измерения этой мощности целесообразно осуществить преобразование электромагнитных колебаний, получаемых на выходе генератора, в поле механических сил.

Итак, Π_1 - электромагнитное поле, Π_2 - поле механических сил. Такие ваттметры широко известны и используют эффект механического (пондеромоторного) воздействия (давления) электромагнитных волн на какой-

то элемент, расположенный внутри линии передачи. Такой ваттметр получил название крутильный.

Они представляют собой металлическую пластину - V_1 , подвешенную внутри линии передачи на упругой кварцевой нити, соединенной с осью крутильной головки, на которой нанесены деления, пропорциональные излучаемой мощности. Электромагнитная волна создает вращательный момент, приложенный к пластинке.

Угол ее поворота фиксируется и позволяет оценить мощность СВЧ-генератора.

Пример 3.21. Ультразвуковые исследования или эхолоты работают по принципу, показанному формулой (3.18).

Где V_1 - исследуемый объект,

Π' и Π'' - посылаемый и отраженный сигналы.

3.1.6. Устранение вредных связей

3.1.6.1. Тенденции устранения вредных связей

Довольно значительный класс задач связан с нежелательным эффектом, представляющим собой вредную связь вещества с веществом, поля с веществом или вредное воздействие полей. Устранение вредных связей осуществляется с помощью определенной закономерности, показанной на рис. 3.2: введением третьего вещества V_3 ; введением V_3 , которое является видоизменением имеющихся веществ V_1 и V_2 ($V_3=V_1, V_2$) или самими веществами ($V_3=V_1, V_2$); введением второго поля Π_2 ; введением V_3 , которое генерирует Π_2 . Эти тенденции схематично изображены на рис. 3.2.

УСТРАНЕНИЕ ВРЕДНЫХ СВЯЗЕЙ

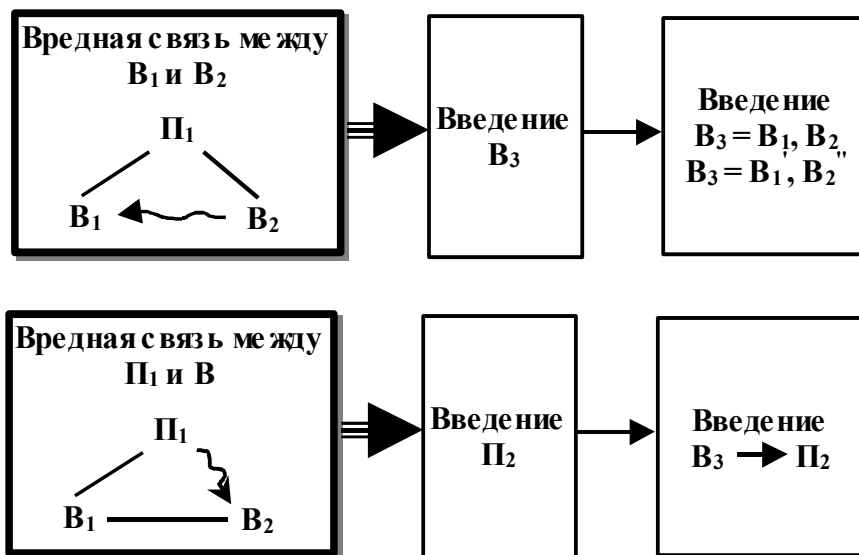
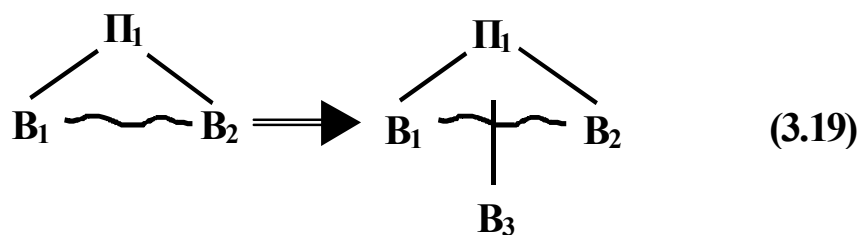


Рис .3.2.

3.1.6.2. Устранение вредных связей введением V_3

Устранение вредных связей в системе производится введением между веществами V_1 и V_2 постороннего третьего вещества V_3 описано формулой (3.19):



Пример 3.22. Уменьшения гидродинамического сопротивления корпуса подводных лодок или подводных крыльев обычно добивались путем уменьшения шероховатостей и придания корпусу рациональных обводов, но, в конце концов, эти ресурсы были исчерпаны. Кроме того, из-за турбулентности при движении возникает кавитация, вследствие чего происходит эрозия корпуса. Как предотвратить нежелательный эффект?

Согласно данной закономерности следует ввести еще одно вещество B_3 , которое разрушит вредную связь между B_1 (корпусом подводной лодки) и B_2 (водой).

В качестве такого вещества можно использовать:

1. Волоски, ламинирующие поток, т.е. превращающие турбулентный поток в ламинарный.
2. Вещества с длинными молекулами (волоски на микроуровне). В качестве этих веществ могут использоваться клеи, гели, полимеры и т.п.

Пример 3.23. В устройстве, уменьшающем сопротивление подводного аппарата, используется слабый раствор полимера, образующийся в пограничном слое забортной воды при смешении подогретой жидкой смеси либо гранулированного или порошкообразного полимера с морской водой. Подогретая жидкая смесь представляет собой дисперсию макромолекул полимера, растворимую в морской воде при температуре окружающей среды, но нерастворимую в воде при температуре выше 70°C . Когда подогретая жидкая смесь попадает в холодную воду при соответствующих условиях окружающей среды, макрочастицы набухают и растворяются, образуя клейкую массу. В пограничном слое обтекающего потока они образуют молекулярный раствор макромолекул, препятствуя турбулизации потока¹³². В этом изобретении использован эффект Томса.

Пример 3.24. Для снижения потерь напора при перемещении жидкости по трубопроводу и достижения жидкостью свойства псевдопластичности в нее вводят длинноцепочный полимер, например, полиакриламид, в количестве 0,01-0,2% по весу¹³³.

Пример 3.25. Снижение гидродинамического сопротивления может быть достигнуто за счет образования присадок под воздействием какого-либо поля из молекул самой жидкости, аналогичных по свойствам полимерным молекулам.

Пример 3.26. Для снижения гидродинамического сопротивления движения тел, например судов, путем уменьшения сил трения в пограничном слое, в пограничном слое создают электромагнитное поле, генерирующее комплекс молекул¹³⁴. В этом изобретении не вводят в пограничный слой высокомолекулярный состав, а вместо него используют видоизмененную внешнюю среду, путем воздействия электромагнитным полем. Кроме того, это изобретение может использоваться для снижения сопротивления жидкости в трубопроводе

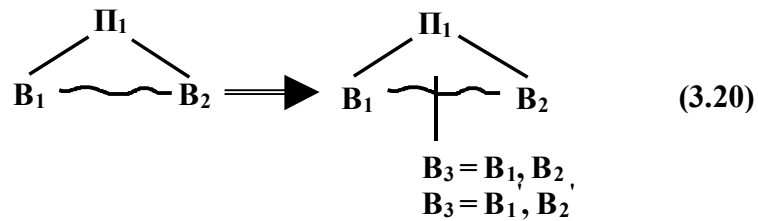
¹³² Патент США № 3 435 796.

¹³³ А.с. № 244 032.

¹³⁴ А.с. № 364 493.

3.1.6.3. Устранение вредных связей введением $V_3=V_1, V_2$ или их видоизменений

В отличие от формулы (3.19) в данном случае вводится V_3 , являющееся видоизменением веществ V_1 или V_2 (они обозначаются V_1', V_2'), или вводятся дополнительно само вещество V_1 или V_2 .



Продолжим рассмотрение примера 3.22. Согласно формуле (3.20), в качестве V_3 может быть использовано вещество корпуса лодки, вода или их видоизменения.

Пример 3.27. Для снижения гидродинамического сопротивления движения тел, например судов, путем уменьшения сил трения в пограничном слое, в пограничном слое создают электромагнитное поле, генерирующее комплекс молекул¹³⁵. В этом изобретении не вводят в пограничный слой высокомолекулярный состав, а вместо него используют видоизмененную внешнюю среду V_2' , путем воздействия электромагнитным полем. Кроме того, это изобретение может использоваться для снижения сопротивления жидкости в трубопроводе.

Пример 3.28. Помимо указанных способов уменьшения гидродинамического сопротивления корпуса подводных лодок или подводных крыльев, можно назвать и другие:

- нагревание крыла и образование парового пузыря - паровой каверны;
- подача воздуха или жидкости через отверстия в корпусе (воздушная каверна или поток жидкости, уменьшающий турбулентцию);
- отсос части жидкости (пограничного слоя), непосредственно прилегающей к корпусу (применение отсоса позволяет повысить скорость хода примерно в 1,5 раза при неизменной мощности энергетической установки)¹³⁶.

Все указанные выше способы снижения гидродинамического сопротивления корпусу корабля, в полной мере относятся и для предупреждения кавитации, так как уменьшают или вообще убирают турбулентность потока, делая его ламинарным.

Пример 3.29. Для предупреждения кавитационной эрозии гидродинамических профилей, например, подводных крыльев, используется защитный слой, представляющий собой корку льда, постоянно намораживаемого на поверхность крыльев¹³⁷.

Пример 3.30. Кроме того, поток жидкости над крылом можно создать, сделав в крыле тонкие сквозные отверстия. Тогда за счет разницы давлений вода с нижней части крыла будет "подсасываться" на верхнюю поверхность крыла.

Рассмотрим еще один аналогичный пример.

Пример 3.31. Турбины реактивных двигателей работают при высоких температурах. Чтобы сохранить прочностные свойства лопаток турбин, приходится в исходный материал добавлять легирующие добавки, например, кобальт, который увеличивает в значительной мере стоимость турбины, но придает ей устойчивость к высоким температурам. Компания "Пратт энд Уитни" разработала технологию изготовления лопаток, позволяющую снизить содержание в них кобальта на 30%. Для этого лазером сверлят в лопатках мельчайшие отверстия. Воздух, проходящий через отверстия, охлаждает

¹³⁵ А.с. № 364 493.

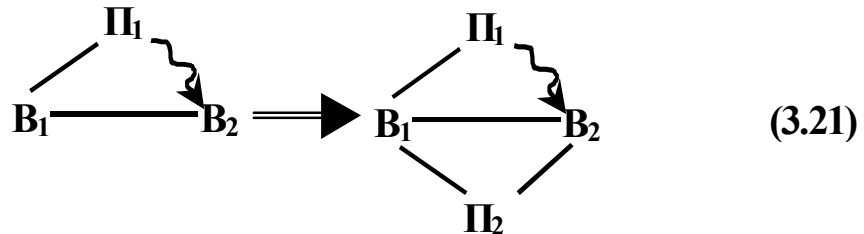
¹³⁶ Знать военную технику: Сборник статей/сост. Л.В.Герасимов.-М.: ДОСААФ, 1978. (Молодежи о вооруженных силах), с. 65.

¹³⁷ А.с. № 412 062, БИ, 3/74, с. 69.

лопатки, и, кроме того, снижается аэродинамическое сопротивление. Таким образом, турбины можно изготовить из менее жаропрочного материала¹³⁸.

3.1.6.4. Устранение вредных связей введением Π_2

Вредное действие устраняется переходом к двойному веполю, в котором нейтрализацию вредного действия осуществляет поле Π_2 :



Пример 3.32. Кавитация вызывает эрозию (разрушение) материала устройств, где она происходит. С кавитацией пытаются бороться, при этом достаточно важно, чтобы кавитация подавлялась равномерно. Предложено для подавления воздействовать на кавитационные пузырьки ультразвуковыми колебаниями в диапазоне частот от 1 до 50 КГц и интенсивностью ниже порога¹³⁹.

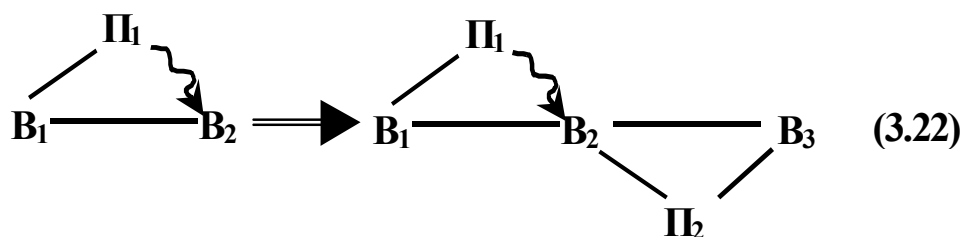
Пример 3.33. Для очистки воздуха в производственных помещениях используют громоздкие фильтры. Предлагается для этой цели применять циклоны. В циклоне загрязненный воздух раскручивается с большой скоростью, частички пыли, висящие в воздухе, отбрасываются к стенкам, ударяются о них и падают в пылесборник¹⁴⁰.

Пример 3.34. Недостаток циклона, рассмотренного в предыдущем примере, - мелкая пыль не долетает до пылесборника, а оседает на стенках вытяжной трубы (вытяжки). Поэтому приходится циклон время от времени останавливать и чистить трубу. Чтобы пыль не засоряла вытяжку, всю трубу превратили в электрод - полый цилиндр из металла, весь утыканный иголками, располагающиеся на выходе трубы. На электрод подается электрическое поле, излучаемое вытяжной трубой, и не проходит не только в атмосферу, но и попадает в вытяжку, а оказывается на пылесборнике.

Можно вспомнить и задачу П.Л.Капицы (4.1) об изучении искусственной шаровой молнии.

3.1.6.5. Устранение вредных связей введением V_3 и Π_2

Вредное действие устраняется переходом к цепному веполю, в котором вводимое вещество V_3 генерирует поле Π_2 , нейтрализующее вредного действия:



Пример 3.35. Не редки случаи, когда необходимо извлечь завальцованный в корпус шарик. Для этого приходится ломать конструкцию. Как вытащить шарик, не ломая конструкцию?

В вепольной форме эту задачу можно представить как левую часть формулы (3.22),

где

¹³⁸ ИР, 12/85, МИ 1203, с. 30.

¹³⁹ А.с. № 954 597.

¹⁴⁰ ИР, 6/75, с. 20.

V_1 - корпус,

V_2 - шарик,

Π_1 - поле механических сил, удерживающее шарик в корпусе.

Согласно формуле (4.42) необходимо ввести V_3 , которое создаст Π_2 , выталкивающее шарик. Один из вариантов решения введение под шарик капли жидкости V_3 , которую при необходимости нагревают и испаряющаяся жидкость создает поле, выталкивающее шарик из корпуса.

Пример 3.36. Если продолжить рассмотрение примера уменьшения гидродинамического сопротивления, то можно описать корпус подводной лодки или поверхность крыла по типу эффекта Ламинфло (кожа дельфина)¹⁴¹.

Известен "парадокс Грея": дельфин движется со скоростью, которая по расчетам требует мощности раз в 10 больше, чем у дельфина. Секрет в устройстве кожи. Кожа дельфина представляет собой тонкий гибкий поверхностный слой, под ним толстый эластичный, наподобие губки, а под ним снова тонкий слой. При движении кожа воспринимает колебания и за счет упругих сил "губки" возникают противоволны. Кожа вибрирует и снимает турбуленцию.

Технически этот принцип осуществлен по разному. Одна из реализаций следующая. "Кожа" сделана трехслойной: верхний слой делается из тонкой эластичной пленки, под ним магнитная жидкость и снова пленка (рис.3.3). Магнитной жидкостью управляют магнитным полем¹⁴².

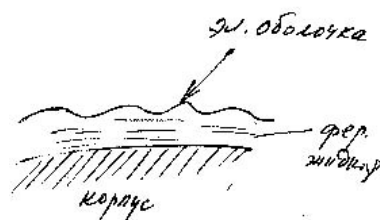


Рис .3.3.

4. Виды гипервеполей и тенденции их изменения

4.1. Тенденции развития гипервеполей

Гипервеполям и будем называть веполи с определенным входным полем. Каждый из видов гипервеполей получил название в соответствии с их входным полем: гравиполи, мехполи (в частности, трибополи), теполи, феполи, эполи, ополи.

Авторам представляется, что общая последовательность использования гипервеполей следующая: первоначально используется только "основное" поле (в гравиполях - гравитационное, в мехполях - механическое, в трибополях - трение, в теполях - тепловое, в феполях - магнитное, в эполях - электрическое, в ополях - оптическое).

На следующем этапе используют воздействие основного поля на более управляемые и отзывчивые состояния вещества (в теполях - биметалл, материал с ЭПФ; в феполях - ферромагнитный порошок и т.д.).

Далее происходит изменение вещества согласно законам развития технических систем: динамизация вещества, например, переходом с макро- на микроуровень; изменение степени связанности (дробления), в дальнейшем для управления используют более управляемые поля, последовательность изменения которых была описана ранее. Безусловно, для каждого из видов гипервеполей существует определенный набор управляющих полей.

¹⁴¹ Этот пример прислал Генрих Саулович Альтшуллер в 1974 году. Рисунок выполнен Г.С.Альтшуллером.

¹⁴² А.с. № 457629.

4.2. Гравиполи

Гравиполи - гипервеполи, использующие гравитационного поля. Закономерности их развития учитывают способы управления веществом с помощью гравитационного поля и "управления" полем. Под полем в данной работе будем понимать силы гравитации, тяжести и вес тела. Под управлением будем понимать их увеличение или уменьшение. Кроме того, гравиполи можно использовать для осуществления и других действий, например, создания движения, силы, выработки и накопления энергии, удержания тела в определенном положении, повышения статической устойчивости, устранения вибрации, образования пленки, измерения и обнаружения различных параметров и т.п. Более подробно гравиполи описаны в [11, 12].

Основная линия развития гравиполей показана на рис. 4.1.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГИПЕРПОЛЕЙ

Рис. 4.1.



Проиллюстрируем эту линию примерами в основном для функций увеличения и уменьшения веса объекта.

1. Движение с ускорением.

Пример 4.1. Старт космической ракеты или резкий набор высоты в самолете. При этом космонавт или летчик испытывают большие перегрузки.

Пример 4.2. Свободное падение: затяжной прыжок с парашютом, движение лифта вниз и т.п. Для имитации ощущения невесомости в земных условиях космонавты тренируются в специально оборудованных самолетах, движущихся вниз с большой скоростью по параболе.

2. Использование свойств материалов

2.1. Использование веса дополнительного объекта для:

2.1.1. увеличения веса

Пример 4.3. Киль баржи утяжеляется водой¹⁴³.

Пример 4.4. В яхте для утяжеления киля в него помещают аккумулятор¹⁴⁴.

Это примеры использования веса дополнительного объекта для увеличения силы тяжести.

2.1.2. уменьшения веса

Использование противовеса и рычага или блока.

Пример 4.5. Колодец "журавль", лифт, подъемный кран и т.п.

Это пример использования веса дополнительного объекта для уменьшения силы тяжести.

2.2. Использование упругих свойств материала для:

2.2.1. увеличения веса

Пример 4.6. С помощью пружин "увеличивают" вес объекта.

2.2.2. уменьшение веса

Пример 4.7. Предложен страховочный канат переменной жесткости¹⁴⁵. Канат имеет петлю, которая соединена связкой, имеющей меньшей прочностью на разрыв, чем у каната. При срыве человека рвется, прежде всего, связка, гася часть энергии падения.

3. Импульс силы

3.1. увеличения веса

¹⁴³ А.с. 175 835.

¹⁴⁴ Пат. США 3 238 911.

¹⁴⁵ А.с. 631 631.

Пример 4.8. Забивание гвоздей, свай с помощью молота или серии взрывов и т.п.

3.2. уменьшение веса

Пример 4.9. Когда канатоходец работает без страховки, внизу за ним ходит человек, который при падении отталкивает его в сторону. Тем самым сбивается инерция падения.

4. Реактивная сила

4.1. увеличения веса

Пример 4.10. Забивание свай с помощью серии импульсов сжатого газа.

4.2. уменьшение веса

Пример 4.11. Для поддержания труб дождевальная машина использует гидрореактивную силу струй воды, вытекающей из них вниз.

5. Вакуум

5.1. увеличения веса

Пример 4.12. Для создания дорожного покрытия используют тяжелые катки. Чем их масса больше, тем лучше дорожное покрытие. Но чем тяжелее каток, тем большей мощности двигатель нужен для его перемещения и больше затрат энергии. Учеными Ленинградского политехнического института предложен каток с вакуумными присосками¹⁴⁶.

5.2. уменьшение веса

Пример 4.13. После бури или сильного дождя трава ложится на землю и ее невозможно убирать с помощью механических косилок. В США предложена косилка с вакуумным устройством для скашивания и сбора травы на газонах. Создание вакуума над ножами приводит к тому, что растения удерживаются в вертикальном положении. В этом примере показано, как с помощью вакуума можно уменьшить силу тяжести¹⁴⁷.

6. Крыло и набегающий поток

6.1. уменьшение веса

Пример 4.14. Самолет.

6.2. уменьшение веса

Пример 4.15. Современные гоночные автомобили имеют форму обратного крыла. Чем больше скорость их движения, тем набегающий поток больше прижимает автомобиль к дороге.

7. Сила Архимеда используется для уменьшения веса

7.1. Сила Архимеда в газе

Пример 4.16. Использование воздушных шаров, аэростатов, парашютов и дельтапланов.

7.2. Сила Архимеда в жидкости

Пример 4.17. Наиболее типичным примером использования силы Архимеда в жидкой среде является судоходство.

Пример 4.18. Для облегчения перемещения тяжелых грузов используют перемещение в жидкости, строительство на воде.

7.3. Управление силой Архимеда за счет:

7.3.1. изменения плотности среды, например:

7.3.1.1. использование двухфазной среды

Пример 4.19. Во время тренировочных прыжков с вышки в воду спортсмены не всегда удачно приводняются, что приводит к травмам. Предложено непосредственно перед прыжком в воду подавать пузырьки воздуха (двухфазная среда - вода-газ).

7.3.1.2. использование магнитной и реологической жидкостей

Пример 4.20. Для улучшения демпфирующих свойств амортизатора транспортного средства используют электрореологическую жидкость, которая меняет кажущую плотность под действием электрического поля¹⁴⁸.

8. Центробежные силы

8.1. Увеличение веса

Пример 4.21. Летчик "в пике"; движение по вогнутой поверхности, допустим мосту; тренировка космонавтов в центрифуге.

¹⁴⁶ А.с. 685 645.

¹⁴⁷ Пат. США 3 430 421.

¹⁴⁸ А.с. 495 467.

8.2. Уменьшение веса

8.2.1. Вращение жидких и сыпучих тел.

Пример 4.22. Сталь разливают через донное отверстие больших ковшов. Из-за статического давления струя металла получается неравномерной. Предложено жидкий металл раскрутить в горизонтальной плоскости электромагнитным полем¹⁴⁹. Жидкость примет форму параболоида вращения, сохраняя постоянный уровень жидкости над отверстием.

8.2.2. Центробежные силы + крыло.

Пример 4.23. У центробежного датчика угловой скорости грузы выполнены в виде крыла для создания дополнительной подъемной силы при вращении¹⁵⁰

Пример 4.24. В дебалансном вибраторе для увеличения возмущающей силы дебаланс выполнен в виде тела, имеющего в поперечном сечении профиль крыла¹⁵¹.

8.2.3. Центробежные силы + среда.

Воздействия веса можно уменьшить еще более эффективно, если объект вращать в среде с удельным весом, больше удельного веса объекта.

Пример 4.25. При изучении искусственной шаровой молнии, создаваемой в кварцевой камере, заполненной гелием, мощным электрическим полем, нужно было увеличить мощность шаровой молнии. Шаровая молния стала легче и всплывала вверх, касаясь стенок камеры, разрушая их. Электромагнитные силы не уравновешивали архимедовы силы. П.Л.Капица предложил завертеть газ, придавая ему непрерывное вращение. Для этого он использовал домашний пылесос.

Пример 4.26. Изделие, которое нужно испытать на давление, расположено в центре вращающегося сосуда с жидкостью. Давление вращающейся жидкости передается на стенки сосуда, а не на изделие. В сосуд помещают еще одну жидкость с удельным весом большим, чем у первоначальной жидкости¹⁵².

9. Магнитное поле

9.1. Увеличение веса

Пример 4.27. Для увеличения силы сцепления поезда с рельсами используют магнитное поле.

9.2. Уменьшение веса

Наилучший способ управления весом - использование магнитного поля. С помощью магнитного поля создают магнитные подушки и подвесы. Так работает транспорт, создаются виброразвязки и т.п.

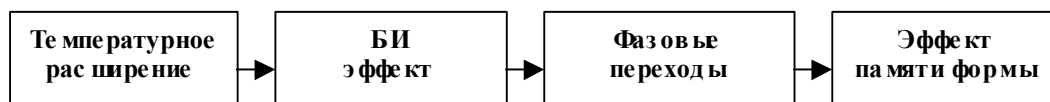
Пример 4.27. В концерне "АЕГ-Телефункен" (ФРГ), используя самые современные магниты, научились подвешивать в воздухе предметы весом до 50 кг.

Пример 4.28. В электромагнитном поле соленоида - высокочастотного индуктора, можно поддерживать металл в устойчивом состоянии невесомости. Не только в твердом состоянии, но и в расплаве, при температуре 2-3 тыс. градусов. На этом основано устройство для бестигельной плавки многокомпонентных сплавов из преспорошка с чистотой не ниже чистоты исходных компонентов, изобретено в Ленинградском физико-техническом институте им. А.Ф.Иоффе АН СССР.

4.3. Теплоли

Вепольную систему, использующую температурное поле, Г.С.Альтшуллер назвал "теполь" [6]. Он разработал линию изменения таких систем.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕПОЛЕЙ



¹⁴⁹ А.с. 275 331.

¹⁵⁰ А.с. 358 689.

¹⁵¹ А.с. 526 399.

¹⁵² А.с. 643 776.

Степень управляемости температурным полем увеличивается при переходе от обычного температурного расширения к расширению металлов с различными коэффициентами температурного расширения - биэффект, затем к фазовым переходам первого рода (например, изменению агрегатного состояния веществ), следующим используется фазовый переход второго рода, самый управляемый их которых - эффект памяти формы.

Пример 4.29. Рассмотрим тенденцию развития теполой на примере снятия навитой пружины с квадратной оправки, на которой она навивалась. При этом следует учесть, что пружина очень плотно прилегает к оправке.

Обычное тепловое расширение может облегчить снятие пружины. Пружину следует наматывать на горячую оправку, когда она остынет, пружина снимается сама. Можно и наоборот - нагревать уже намотанную пружину, например, после намотки пропустить через пружину электрический ток, нагреть ее и снять, или наоборот - охладить заготовку.

Би-эффект позволяет описанную операцию выполнить легче и эффективнее. Оправку изготавливают из материала с коэффициентом температурного расширения, меньшим, чем у материала пружины. После намотки пружину с оправкой нагревают. Из-за разности в коэффициентах пружина расширяется больше и легко снимается с оправки.

Еще легче снимать пружину с оправки, выполненной из легкоплавкого материала. Здесь использовался фазовый переход первого рода.

Удобнее всего проводить навивку и снятие пружины на оправке, выполненной из материала, обладающего эффектом обратимой памяти формы. В этом случае при намотке оправка должна иметь размеры, соответствующие внутреннему диаметру пружины, а при снятии оправку доводят до температуры, при которой она "вспоминает" значительно меньшие размеры.

Более подробно гиперполи описаны в [17]: гравиполи в [11, 12], тенденция развития феполой приведена в [6].

Задача 4.1: Как изогнуть кристалл?

Ответ: На одну из граней нагретого кристалла напыляют материал с другим коэффициентом теплового расширения, чем у кристалла, а затем охлаждают¹⁵³.

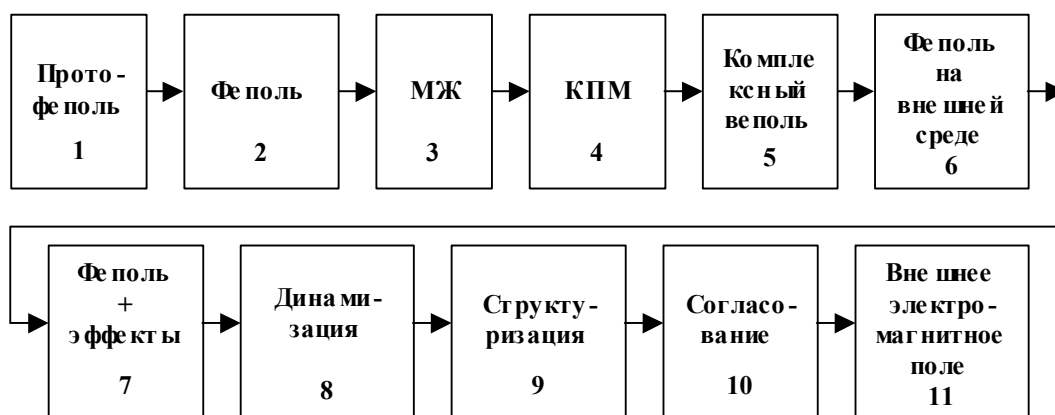
Задача 4.2: Заготовки, предназначенные для изготовления тонкостенных оболочек, часто мнутся. Как быть?

Ответ: Заготовка заранее гофрируется, и гофры заливаются легко плавким металлом. Перед калибровкой тепловое поле удаляет этот металл¹⁵⁴.

4.4. Феноли

Между 2 и 3 есть управление (см. 7). Управление может осуществляться не только

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГРАВИПОЛЕЙ



¹⁵³ А.с. 799959.

¹⁵⁴ А.с. 776719.

другим полем (механическим - удар, тепловым - Кюри, Баркгаузен, Гопкинс), но и экранированием (задача о магнитном кольце).

Пример 4.30. А.с. № 479 331. Способ пайки ферромагнитных материалов. Припой удерживается в зазоре при котором в зазоре размещают металлокерамический припой, магнитным полем. Содержащий в качестве наполнителя ферромагнитную фазу, и осуществляют пайку при температуре ниже температуры магнитного превращения наполнителя, отличающийся тем, что, с целью обеспечения пайки деталей с большими неравномерными зазорами, в зазоре создают магнитное поле.

Пример 4.31. А.с. № 1 2340 769. Способ снятия излишков припоя, при котором плату перемещают над волной припоя, отличающийся тем, что, с целью повышения качества пайки и экономии припоя, над платой размещают индуктор, а в припое под платой - магнитопровод, при этом плату перемещают в сторону, обратную направлению электромагнитной силы¹⁵⁵.

Пример 4.32. А.с. № 918 780. Устройство для автоматического измерения. Переход к более дальности прыжков на лыжах с трамплина, отличающееся тем, управляемым полям что вдоль склона трамплина перпендикулярно направлению прыжка расположены измерительные индукционные петли, при этом каждой измерительной индукционной петле соответствует определенный отрезок трамплина, на краю склона трамплина перпендикулярно измерительным индукционным петлям расположена контрольная индукционная петля и на одной из лыж закреплен постоянный магнит¹⁵⁶.

4.5. Эполи.

Понятие эполя было введено Г.Альтшуллером в [1,с.12]. "Эполь - это веполь, поле которого является электромагнитным, электрическим или магнитным." Мы под эполем будем понимать веполь, использующий только электромагнитное и электрические поля. Использование магнитных полей было показано в феполях.

Пример 4.33. А.с. 1 227 157. Рабочая обувь, предназначенная для удержания наклонной поверхности содержит реологическую жидкость.

Пример 4.34. А.с. 1 227 157. Рабочая обувь, преимущественно для выполнения работ на наклонной поверхности, содержащая полую ходовую часть, верх с носочной и пяточной частями и средство сцепления обуви с поверхностью при передвижении, соединенное с источником питания и расположенной в полый ходовой части, отличающаяся тем, что, с целью расширения эксплуатационных возможностей, она имеет резервуар под средство сцепления, закрепленный на её пяточной части и соединенный с полый ходовой частью ри помощи шланга с перекрывающим клапаном, а в ходовой части выполнены сквозные каналы, сообщающиеся со средством сцепления, при этом средство сцепления представляет собой электростатическую жидкость¹⁵⁷.

Пример 4.35. Генератор электроаэрозоля, содержащий приводной ротор в виде диэлектрической цилиндрической щетки для разбрызгивания материала и средство его зарядки, включающее контактирующий с упругими ворсинками щетки электрод, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности работы генератора и обеспечения электробезопасности, средство зарядки материала снабжено дополнительным электродом в виде электрета, причем цилиндрическая щетка выполнена с внутренней герметизированной полостью, а электрет свободно установлен на оси щетки в её полости со смещением центра тяжести относительно оси последней, при этом основной электрод заземлен и выполнен в виде патрубка для подачи материала с пористой перегородкой¹⁵⁸.

2. Генератор по п.1, отличающийся тем, что полость щетки вакуумирована.

3. Генератор по п.1, отличающийся тем, что полость щетки заполнена инертным газом.

¹⁵⁵ В 23 К 1/08; 3790469/25-27; 3790468/25-27; 13.09.84; Рижское ордена Ленина производственное объединение ВЭФ им. Ленина; Я.А.Симсонс, И.А.Коциньш, Г.П.Лаукс, Д.К.Сниедзе, С.В.Карпенко и Ю.Т.Русецкий; 621.791.3. 18/86, с. 65

¹⁵⁶ 7770110/25-28; 130499 ГДР; 28.02.78; G 01 В 7/04;531.717; WPG 01 В/198на 073; 25.03.77; ГДР; Форшунгсинститут фюр Кёрперкултур унд Спорт (ГДР). 13/, с.117.

¹⁵⁷ А.с. № 1 028 373.













¹⁵⁸ 3351611/23-05; 27.10.81; В 05 В 5/04; 678.056; В.М.Руденко, Ф.М.Сажин и Г.А.Литинский; Институт прикладной физики АН Молдавской ССР. 26/83, с.22-23.

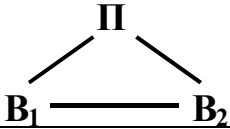
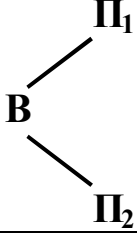
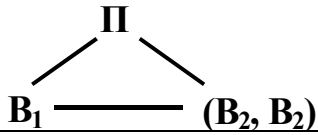
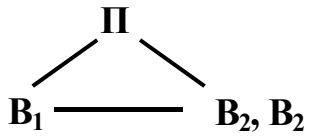
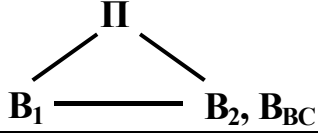
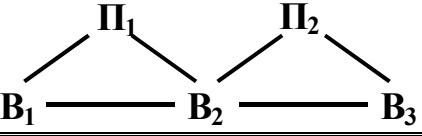
Литература

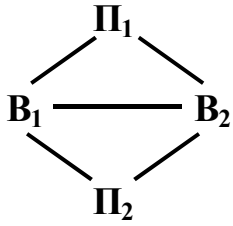
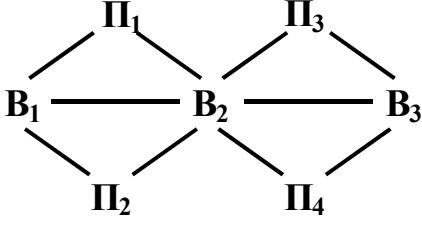
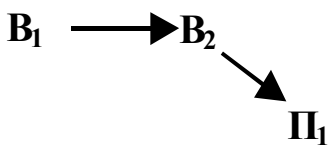
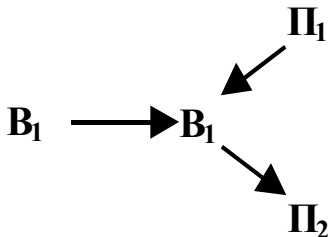
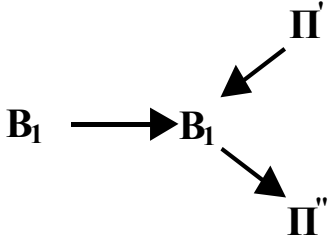

1. Альтшуллер Г., Гаджиев Ч., Фликштейн И. Введение в вепольный анализ. - Баку, ОЛМИ, 1973, 26 с.
2. Альтшуллер Г. Вепольный анализ. Методические указания. - Баку, ОЛМИ, 1973, 23 с.
3. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. Теория решения изобретательских задач. - М.: Сов. радио, 1979, 184 с.
4. Злотин Б.Л. Анализ процессов. - Л., 1979.
5. Альтшуллер Г.С., Селюцкий А.Б. Крылья для Икара: Как решать изобретательские задачи. - Петрозаводск: Карелия, 1980.-224 с.
6. Викентьев И.Л. Электромагнитная технология. -Л., 1982
7. Викентьев И.Л. Предлагаемые типы новых вепольных преобразований. К Петрозаводскому семинару-85 "ФСА и ТРИЗ: теория, практика, обучение". - Л., 1985, 4с.
8. Шмаков Б.В., Крикун П.Д., Щепетов Е.Г. Вепольный анализ технических систем. Учебное пособие по курсу "Теория решения изобретательских задач".- Челябинск, Челябинский политехнический институт, 1985, 58 с.
9. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. - Новосибирск: Наука, 1986, 209 с. , 269 с.
10. Петров В.М., Злотина Э.С. Теория решения изобретательских задач - основа прогнозирования развития технических систем. - Л.: Квант, - Прага: ЧДНТО, 1989, 92 с.
11. Петров В.М. Гравиполи.-Л.:1989, 46 с. (рукопись).
12. Петров В. Гравиполи. - Тель-Авив, 1991, 66 с.
13. Петров В.М., Злотина Э.С. Теория решения изобретательских задач. Учебник. - Л., 1990, 425 с. (рукопись подготовлена для издательства "Машиностроение").
14. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач)/Г.С.Альтшуллер, Б.Л.Злотин, А.В.Зусман, В.И.Филитов. - Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. - 381 с.
15. Саламатов Ю.П. Как стать изобретателем: 50 часов творчества: Кн. для учителя. - М.: Просвещение, 1990.-240 с.
16. Горин Ю. Указатель физических эффектов и явлений для изобретателей Баку, 1973.-300 с.
17. Указатель физических эффектов и явлений для изобретателей и рационализаторов. Денисов С., Ефимов В., Зубарев В., Кустов В. Обнинск, 1977.-214 с.
18. Альтшуллер Г.С. Тепловое поле - в механическое. - Дерзкие формулы творчества/Сост. А.Б.Селюцкий. - Петрозаводск: Карелия, 1987, с.95-102.
19. Альтшуллер Г.С. Феполи могут все. - Дерзкие формулы творчества/Сост. А.Б.Селюцкий.- Петрозаводск: Карелия, 1987, с. 103-109.
20. Саламатов Ю.П. Подвиги на молекулярном уровне. - Нить в лабиринте/Сост. А.Б.Селюцкий. - Петрозаводск: Карелия, 1988, с.95-163.
21. Викентьев И.Л., Ефремов В.И. Кривая, которая всегда вывезет. Геометрия для изобретателя. - Правила игры без правил /Сост. А.Б.Селюцкий.- Петрозаводск: Карелия, 1989, с.71-175.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Основные обозначения вепольного анализа.

Обозначения	Назначение
1. В	Вещество (объект или система; часть - подсистема; отдельный элемент системы; материал, из которого состоит элемент; составляющие материала).
2. П	Поле (взаимодействие веществ, представляющее собой энергию или информацию)
3. В ₁ , В ₂ ,...В _n	Качественно отличные вещества .
4. П ₁ , П ₂ ,...П _n	Качественно отличные поля .
5. В', В''	Видоизменение вещества .
6. П', П''	Видоизменение поля .
7. рВ	Совокупность одинаковых веществ - поливещества .
8. mВ	Совокупность частичек вещества на микроуровне - микровещество .
9. В _ф , В _л	Конкретный вид вещества (ферромагнит, люминофор).
10. П _{мех} , П _{маг}	Конкретный вид поля (механическое, магнитное).
11. 	Связь, например, между веществами и полем или двумя веществами.
12. 	Неэффективная связь.
13. 	Вредная связь.
14. 	Направление воздействия.
15. 	Направление неэффективного (недостаточного) воздействия.
16. 	Направление вредного воздействия.
17. 	Взаимодействие.
18. 	Неэффективное взаимодействие.
19. 	Вредное взаимодействие.
20. П 	Входное поле (обычно записывается над веществом - В).
21.  П	Выходное поле (обычно записывается под веществом - В).
22. $\left. \begin{array}{l} В_1 \\ П_1 \\ В_1, В_2 \\ П_1, П_2 \end{array} \right\}$	Невепольная система
23. 	Условное обозначение веполя.

24.	Схемы конкретных видов веполей.
24.1 и 24.2	Веполи простые
24.1 	Простой веполь
24.2. 	Преобразователь поля, измерительный веполь
24.3-24.5	Комплексные веполи
24.3. 	Внутренний комплексный веполь
24.4. 	Внешний комплексный веполь
24.5. 	Внешний комплексный веполь на внешней среде
24.6-24.7	Сложные веполи
24.6. 	Цепной веполь

<p>24.7.</p> 	<p>Двойной веполь</p>
<p>24.8.</p> 	<p>Смешанный веполь</p>
<p>24.9-24.11</p>	<p>Измерительные веполи</p>
<p>24.9.</p> 	<p>B_2 генерирует поле Π_1</p>
<p>24.10.</p> 	<p>B_2 преобразует поле Π_1 в Π_2</p>
<p>24.11.</p> 	<p>B_2 преобразует характеристики поля из Π' в Π''</p>
<p>25.</p> 	<p>Знак преобразования модели исходной ТС в желательный веполь.</p>

Приложение 2. Некоторые виды веществ, отзывчивые на поля

Вид поля	Вещества отзывчивые (чувствительные) к полям
1. Гравитационное	
2. Механическое	
2.1. Трение	
2.1.1. Трение покоя	
2.1.2. Сухое трение	
2.1.3. Трение качения	
2.1.4. Жидкостное трение	
2.1.5. Воздушная подушка	
2.1.6. Магнитная подушка	
2.2. Давление	
2.2.1. Повышенное	
- <i>Пневматическое</i>	Газ
- <i>Гидравлическое</i>	Жидкость
- <i>Сжатие</i>	Твердое
	тензочувствительные элементы
	Пьезоматериалы
2.2.2. Пониженное	
- <i>Разряжение</i>	Газ
- <i>Кавитация</i>	Жидкость
- <i>Растяжение</i>	Твердое
	тензочувствительные элементы
	Пьезоматериалы
2.3. Перемещение (движение)	
2.3.1. Поступательное	
2.3.2. Вращательное	
- <i>наклон</i>	
	Маятник
	Пузырек воздуха в жидкости
	Гироскоп (гиромаятник)
- <i>центробежные силы</i>	
	Маятник
	Пузырек воздуха в жидкости
	Двух степенной гироскоп (датчик угловой скорости)
2.3.3. Комбинированное	
спиральное	
более сложное	
2.4. Удар	
	Магнит
	Тензочувствительные элементы
	Пьезоматериалы
	Взрывчатое вещество

Вид поля	Вещества отзывчивые (чувствительные) к полям
2.5. Колебания	
2.5.1. Вибрация	
	Тензочувствительные элементы
	Пьезоматериалы
2.5.2. Акустическое поле	
	Мембрана, струна
	Пьезоматериалы
	Тензочувствительные элементы
	Магнитострикционные материалы
- Инфразвук	
- Слышимый звук	
- Ультразвук	
3. Тепловое	
	Металлы
	Биметаллы
	Материалы с памятью формы
	Тепловые трубы
	Жидкие кристаллы
3.1. Фазовые переходы (ФП)	
3.1.1. ФП 1-го рода (изменение агрегатного состояния)	
	Жидкости
	Гели
	Снег
	Лед
	Воск, парафин и т.п.
	Легкоплавкие металлы
	Соли
3.1.2. ФП 2-го рода	
	Материалы с памятью формы
	Ферромагнитные вещества
	- с точкой Кюри
	- с эффектом Баркгаузана
	- с эффектом Гопкинса
	Антиферромагнитные вещества
	- с точкой Нееля

Вид поля	Вещества отзывчивые (чувствительные) к полям
4. Электромагнитное поле	
4.1. Магнитное поле	
	Ферромагнитные вещества
	- с точкой Кюри
	- с эффектом Баркгаузана
	- с эффектом Гопкинса
	Антиферромагнитные вещества
	- с точкой Нееля
4.1.1. Постоянное	
4.1.2. Переменное	
- <i>Линейное</i>	
- <i>Вращательное</i>	
- <i>Импульсное</i>	
4.2. Рентгеновское и гамма- излучения	Фоточувствительные материалы
	Флюоресцентные вещества
	Натрий йод, тантал йод
	Полупроводники
	Ионизационная камера
	Сульфат цинка
4.3. Радио диапазон	
4.4. Электрическое поле	
	Проводники
	Пьезоматериалы
	- кварц
	- керамика
	Жидкие кристаллы
	Электреты
4.4.1. Постоянное	
4.4.2. Переменное	
4.4.3. Импульсное	
4.5. Оптическое	Фоточувствительные материалы
	Флюоресцентные вещества
	Полупроводники
4.5.1. Видимое	Поляризованные
4.5.2. Инфракрасное	Жидкие кристаллы
4.5.3. Ультрафиолетовое	Люминофоры
5. Поле сильных и слабых взаимодействий	
5.1. Поля ядерных сил	
5.2. Квантовое поле (элементарные частицы)	

Вид поля	Вещества отзывчивые (чувствительные) к полям
6. Химическое поле	Растворимые вещества
	Легкоразлагающиеся вещества (фоторазрушаемые)
	Взрывчатые вещества
	Полимеризуемые вещества
	Активные вещества
	Вещества с запахом
	Экзо- и эндотермические
	Инертные среды
	Катализаторы
	Ингибиторы
7. Биологическое поле	Макро и микроорганизмы (фауна и флора)

Алфавитный указатель

В

Веполь	1
Вепольный анализ	1
Вещество	39

Д

Двойной веполь	5
----------------------	---

К

Комплексный форсированный веполь	52
--	----

П

Простой форсированный веполь	51
------------------------------------	----

С

Сложный комплексно-форсированный веполь	74
Сложный комплексный веполь	74

Ф

Форсированный веполь	51
----------------------------	----

Ц

Цепной веполь	5
---------------------	---