

**методы
анализа проблем
и поиска решений
в технике**

В. Н. ГЛАЗУНОВ



**ПОИСК
ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Москва 1990

В. Н. ГЛАЗУНОВ

ПОИСК
ПРИНЦИПОВ
ДЕЙСТВИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОБЛЕМ И ПОИСКА РЕШЕНИЙ В ТЕХНИКЕ.

Серия методических пособий. Разрабатывается и издается по инициативе и при участии научно-технического кооператива «Метод».

Книга 4

Редакционная коллегия:

*Глазунов В. Н., Вайнерман М. И., Голдовский Б. И., Джурко В. А.,
Грачев С. Н., Кудрявцев А. В., Овчинников Е. А., Светлов Н. М.,
Уварова В. Е.*

Глазунов В. Н.

Поиск принципов действия технических систем. М., «Речной транспорт», 1990.

В пособии рассматривается комбинаторный метод решения изобретательских задач, целью которых является разработка принципиально новых технических систем различного функционального назначения. Особое внимание уделено вопросам практического использования этого метода.

Предложено и обосновано понятие эффекта, применимое в различных областях науки и техники. Разработан массив, состоящий из более 300 эффектов, а также алгоритм, позволяющий на основе эффектов формировать принципы действия технических устройств. Изложение теоретических вопросов сопровождается примерами из различных отраслей знаний, а изучение алгоритма — примерами решения практических задач. Кроме того, пособие содержит подборку учебных задач, предназначенных для самостоятельного решения.

Книга рассчитана на широкий круг читателей: инженеров, разработчиков новой техники, изобретателей, студентов технических вузов, руководителей групп качества и творческих коллективов. Особый интерес она представляет для специалистов по экспертным системам в области изобретательства и повышения качества продукции. Будет полезна для тех, кто занимается вопросами представления знаний.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Вводные замечания	5
Глава 1. Что такое эффект	7
Глава 2. Массив эффектов	18
Глава 3. Алгоритм комбинаторного метода	37
Заключение	64
<i>Приложение 1.</i> Словарь терминов языка описания эффектов	65
<i>Приложение 2.</i> Перечень групп однопричинных эффектов	76
<i>Приложение 3.</i> Перечень групп односледственных эффектов	81
<i>Приложение 4.</i> Перечень эффектов	87
<i>Алфавитный указатель</i>	110
<i>Список литературы</i>	111

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее время инженерам, работающим в различных областях техники, все чаще приходится сталкиваться с необходимостью заниматься разработкой принципиально новых устройств, приборов и технологий. Появление подобных задач происходит по двум причинам: либо необходимо удовлетворить качественно новую потребность, либо дальнейшее совершенствование известной технической системы нецелесообразно.

Очевидно, что в этих случаях бесполезно применять параметрический [1] или какой-либо другой метод совершенствования заданного прототипа, так как нужны принципиально новые технические устройства. Поэтому сейчас разрабатываются методы, которые можно было бы использовать на начальном, наиболее сложном этапе беспрототипного проектирования. Их применение позволит находить несколько вариантов принципов действия (физическую основу) проектируемой технической системы.

Определенные сведения о подходах к решению задачи формирования принципов действия изложены в первой и во второй книгах данной серии [2, 3]. Однако наиболее полную методологическую завершенность эти идеи получили в работах А. И. Половинкина [4, с. 100—130] и М. Ф. Зарипова [5]. Эти исследователи предложили, соответственно, метод синтеза физического принципа действия и энерго-информационный метод.

По утверждению авторов данных методов, уже сейчас с их помощью можно получить ряд интересных технических решений. Однако широкий круг изобретателей и разработчиков новой техники не может использовать их в своей практической деятельности. Это связано с тем, что в полном объеме базы знаний этих методов до сих пор не опубликованы. Именно этот пробел в отечественной литературе по техническому творчеству и методологии проектирования должна восполнить данная книга.

В ней изложены концепция и формализованный алгоритм комбинаторного метода с базой знаний, содержащей сведения из различных естественных и технических наук. Комбинации элементов базы знаний, полученные по определенным правилам, и являются искомыми принципами действия. При достаточно развитой базе знаний с помощью комбинаторного метода можно находить технические решения на уровне «пионерских изобретений», то есть решения, открывающие собой новый класс устройств или технологий.

Кроме этого, результаты, которые удается получать с помощью комбинаторного метода, могут использоваться при проведении прогноза развития конкретной области техники, разработке и обосновании технических заданий.

Кратко о содержании книги.

Первая глава посвящена разработке понятия эффекта, которое широко используется в современной науке. Предложена форма описания эффектов, которую можно применять в различных отраслях знаний.

Во второй главе рассмотрены свойства совокупности эффектов, а также некоторые формы их представления. Показано, как, используя подобные совокупности, можно решать задачи формирования принципов действия.

В последней главе говорится о практике применения комбинаторного метода. Приведен текст алгоритма метода и примеры его использования. Завершает главу подборка описаний проблемных ситуаций учебного характера.

В приложениях 1÷4 приведен ряд сведений, касающихся базы знаний комбинаторного метода.

ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Большинство возникающих в технике проблем удастся решать за счет совершенствования уже известных устройств и технологий. Ну, а как быть, если все попытки улучшить характеристики существующих технических систем оказались неудачными, или появилась качественно новая потребность и ее невозможно удовлетворить известными техническими средствами? В этом случае говорят, что разработку приходится начинать «с нуля». Более строго проектирование в таких условиях принято называть *беспрототипным*.

В рамках методологического подхода такого рода проектную деятельность можно представить как процесс решения следующей задачи:

ДАНО: функция и показатель качества проектируемой системы;

НАЙТИ: систему, выполняющую заданную функцию с максимальным значением показателя качества.

Обычно столь сложные задачи решают в несколько этапов. Очевидно, что в данном случае их будет как минимум два: сначала необходимо найти по заданной функции множество однофункциональных систем, а затем выбрать из них ту, которая имеет максимальное значение показателя качества. Нетрудно заметить, что условия первой из этих задач полностью совпадают с условиями поисковой задачи 1-го типа [1, с. 23].

Следовательно, для того, чтобы вести целенаправленную разработку принципиально новых технических систем, необходимы методы, позволяющие решать поисковые задачи 1-го типа.

Прежде чем приступить к разработке подобных методов, необходимо уточнить условия рассматриваемой задачи. Действительно, в ней говорится, что надо найти множество однофункциональных систем, но при этом нет никаких сведений о степени подробности их описания. В этой книге будет рассматриваться самая простейшая разновидность подобных задач, в которых требуется найти лишь варианты принципов действия проектируемой системы. В дальнейшем такие задачи будут называться *задачами формирования принципов действия*. Они имеют следующие условия.

ДАНО: функция проектируемой системы;

НАЙТИ: варианты принципа действия системы, выполняющей заданную функцию.

Здесь под *принципом действия системы* понимается совокупность физических, химических и т. п. эффектов, согласованное проявление которых обеспечивает выполнение ее функций.

Например, функционирование двигателя внутреннего сгорания базируется на эффектах выделения тепла в процессе горения и способности газа при расширении совершать определенную работу. Известная всем лампа накаливания выполняет свою функцию за счет способности проводников нагреваться при протекании по ним электрического тока, испуская, в результате этого, свет.

К этому надо добавить, что при записи исходных данных рассматриваемой задачи будут использоваться другие наименования компонентов функции [1, с. 16]. Вместо термина «действие функции» будет использоваться термин «цель функционирования», а вместо термина «условия реализации действия» — «среда функционирования». Подобная замена связана с тем, что в условиях задачи формирования принципов действия речь идет не о существующей, а о проектируемой системе. Поэтому использование в условиях задачи предполагаемых терминов придает им более естественное звучание.

Думается, тем кто внимательно читал третью книгу данной серии, этих пояснений достаточно, чтобы прийти к следующему выводу. Задачу формирования принципов можно решить только с помощью методов, имеющих базу знаний. В данном случае ее элементами должны быть эффекты. Если подобный массив эффектов был бы известен, то решить рассматриваемую задачу нетрудно.

Действительно, при выполнении последнего условия искомые принципы действия можно получать за счет комбинирования элементарных эффектов. Конечно, этот процесс должен идти по определенным правилам. Они должны обеспечить формирование таких совокупностей эффектов, которые будут согласованы как между собой, так и с условиями решаемой задачи.

Эти идеи лежат в основе *комбинаторного метода*. Его базой являются массив эффектов, а алгоритм, в общих чертах, представляет из себя процедуру комбинирования эффектов, проводимую по заданным правилам.

Очевидно, основные трудности при создании данного метода будут связаны с формированием массива эффектов.

Ясно, что искать их надо среди знаний, уже накопленных различными фундаментальными и прикладными науками. На первый взгляд, подобный вывод должен обнадеживать: ведь все эти знания уже собраны в специальных справочниках — бери и используй. Однако на практике возникает одно существенное затруднение: форма представления знаний в естественнонаучных и технических дисциплинах выбиралась из соображений логики развития науки, удобства восприятия, проведения расчетов, и т. п. — словом, из чего угодно, но только не из соображений проектирования принципиально новых технических систем. Поэтому главная проблема, которую надо решить при разработке комбинаторного метода — это проблема представления уже известных знаний в форме эффекта.

ГЛАВА 1

ЧТО ТАКОЕ ЭФФЕКТ

или еще раз о том,
что важнее форма или содержание

*СЕЙЧАС, НЕ ОВЛАДЕВ
ВСЕМИ ЭТИМИ ЗНАНИЯМИ
И ПОНЯТИЯМИ,
НИЧЕГО ТОЛКОВОГО
НЕ ИЗОБРЕТЕШЬ*



Очевидно, что прежде чем переписать известные физические, химические, технические и т. п. знания в виде отдельных эффектов, надо сначала выяснить, а что же это такое — «эффект»?

В настоящее время это понятие широко используется в научной литературе, в том числе в книгах по техническому творчеству. Большинство исследователей [4, с. 100, 127; 5, с. 14; 6, с. 136] единодушны в том, что *эффект* — это взаимосвязь между двумя явлениями (процессами), которая реализуется в определенных *условиях*. При этом первое явление принято называть *причиной эффекта*, а второе — его *следствием*.

Использование этого определения позволяет предложить общую форму описания эффектов.

$$A_1 \rightarrow A_2 (U_{1.2}), \quad (1.1)$$

где A_1 , A_2 , $U_{1.2}$ — соответственно причина, следствие и условия реализации эффекта; $A_1 \rightarrow A_2$ означает: « A_1 приводит к A_2 »; $(U_{1.2})$ означает: «при условии, что ... $U_{1.2}$...».

Полученная путем обобщения известных определений форма описания эффекта требует конкретизации. Действительно, при первом же взгляде на выражение 1.1 возникает вопрос, как описать причины, следствия и условия реализации эффектов?

Уточнение смысла первых двух понятий не вызывает большого труда, так как в нашем случае любое явление можно рассматривать как изменение (во времени) значений того или иного параметра материального объекта. При этом все множество явлений, в зависимости от направления изменения значений параметра, можно разделить на четыре типа: увеличение, уменьшение, наличие ненулевого значения и произвольное изменение. Например, «увеличение (уменьшение) температуры газа», «наличие скорости твердого тела», «изменение напряженности электрического поля» и т. п.

Из сказанного ясно, что для описания явлений можно использовать функциональные зависимости параметров от времени, графики которых приводятся ниже.

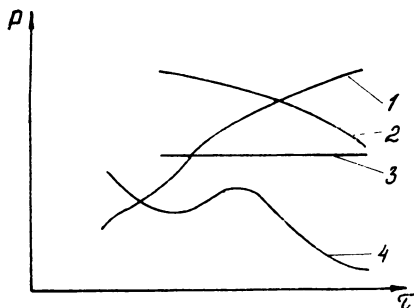


Рис. 1.1. Графическая интерпретация типов изменений параметров объектов: P — параметр (свойство) объекта O ; τ — время; 1, 2, 3, 4 — соответственно: увеличение, уменьшение, наличие, произвольное изменение значений параметра P .

Нетрудно показать, что критерием, позволяющим судить о типе изменения параметра, является знак производной $dP/d\tau$.

Найти общий вид описания условий реализации эффекта несколько сложнее. Для его определения надо обратиться к традиционной форме описания эффектов.

В настоящее время в большинстве естественнонаучных и технических дисциплин подобного рода знания принято фиксировать в виде математических функций (C) и сопровождающих ее графических и словесных пояснений (A, B, D). Например, таким образом.

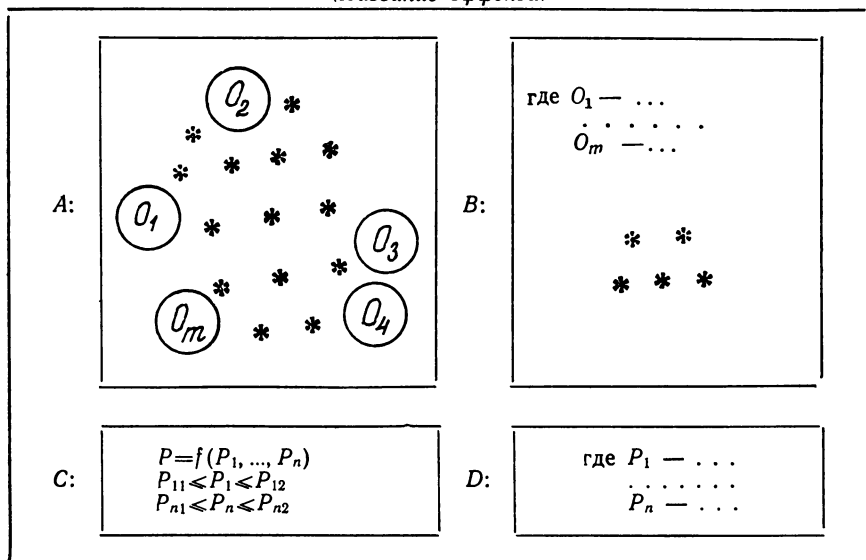
Таблица 1.1.

Правила определения типа изменения параметра

ЕСЛИ	ТО
$dP/d\tau > 0$	увеличение P
$dP/d\tau < 0$	уменьшение P
$dP/d\tau = 0$	наличие ненулевого состоянного значения P
$dP/d\tau \geq 0$	произвольное изменение P

Таблица 1.2.

Традиционная форма описания эффекта
(Название эффекта)



Здесь: $O_1, \dots, O_m$ — объекты (физические, химические, технические и т. п.);

* * * — отношения между объектами $O_1, \dots, O_m$, например, пространственные, временные, «является элементом», и т. п.;

$P, P_1, \dots, P_n$ — параметры, характеризующие объекты $O_1, \dots, O_m$;

$P_{11}, \dots, P_{n1}, P_{12}, \dots, P_{n2}$ — соответственно, нижние и верхние пределы изменения параметров $P_1, \dots, P_n$;

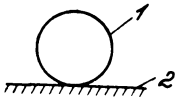
вместо точек (...) указываются имена параметров и объектов, а также описания отношений;

в названии эффекта (обычно) фиксируется его следствие и причина.

Например, эффект теплового расширения твердых тел (табл. 1.3.) и внутренний фотоэффект (табл. 1.4.) в соответствии с этой формой можно описать следующим образом [7, с. 270, 701].

Таблица 1.3.

Расширение твердого тела в результате нагрева

A:		B:	1 — твердое тело; 2 — опора. Твердое тело находится в условиях, не препятствующих свободному перемещению одних частей твердого тела относительно других.
C:	$V = V_0(1 + 3ET)$ $T > 0, E > 0,$ $V_0 = \text{const}.$	D:	V — объем твердого тела при температуре T; V_0 — объем твердого тела при температуре 0°C; E — коэффициент линейного расширения.

^ Выражения типа « $P_n = \text{const}$ » (P — произвольный параметр) означает, что $P_{n1} = P_{n2} = P^0$, где P^0 — некоторое (постоянное) значение параметра P_n . Обычно при делении параметров $P_1, \dots, P_n$ (см. табл. 1.2., раздел C) на «переменные» и «постоянные» исходят из особенностей массива, в который предполагается включить рассматриваемый эффект.

Теперь рассмотрим, при каких условиях изменение одного из параметров $P_1, \dots, P_n$, например, P_1 (см. табл. 1.2., раздел C) приводит к изменению параметра P . Учитывая, что тип изменения параметров характеризуется знаком их производной по времени, то с ее определения и надо начать это исследование.

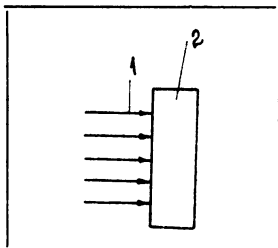
$$dP/d\tau = \partial f / \partial P_1 \cdot dP_1/d\tau + \dots + \partial f / \partial P_n \cdot dP_n/d\tau. \quad (1.2)$$

Из полученного выражения следует, что направление изменения параметра P (знак $dP/d\tau$) зависит от значений и знаков величин $\partial f / \partial P_1, \dots, \partial f / \partial P_n$ и величин $dP_1/d\tau, \dots, dP_n/d\tau$. Поэтому можно предложить несколько вариантов описания искомых условий. Выберем из них такой вариант, который не содержал бы выражений вида $\partial f / \partial P$. В этом случае описание эффекта будет носить наиболее общий характер.

Таблица 1.4.

Увеличение электропроводности диэлектрика
в результате воздействия электромагнитного излучения
(внутренний фотоэффект)

A:



B:

1 — электромагнитное излучение;
2 — диэлектрик. Электромагнитное излучение воздействует на диэлектрик.

C:

$$R \approx R_0 + k(F/F_0 - 1)^c I$$

$$R_0, k, F_0, c, I > 0;$$

$$F > F_0;$$

$$R_0, F_0, c — \text{const.}$$

D:

R, R_0 — соответственно электропроводность диэлектрика в условиях воздействия электромагнитного излучения и без него;
 I, F — соответственно интенсивность и частота электромагнитного

го излучения;

F_0 — красная граница фотопроводимости (зависит от химической природы диэлектрика и состояния его поверхности);

k — некоторое постоянное число;

c — безразмерная величина, зависящая от тех же характеристик диэлектрика, что и параметр F_0 .

С математической точки зрения выполнение указанного требования возможно лишь в том случае, если все слагаемые левой части выражения 1.2. имеют один и тот же знак.

Например, задано, что параметр P_1 увеличивается ($dP_1/d\tau > 0$). При этом $\partial f/\partial P_1 > 0$. Тогда слагаемые $(\partial f/\partial P_2 \cdot dP_2/d\tau)$, $(\partial f/\partial P_3 \cdot dP_3/d\tau)$, ..., $(\partial f/\partial P_n \cdot dP_n/d\tau)$ должны быть также больше нуля. Это возможно только в том случае, если:

- параметры P_i (для них значения величин вида $\partial f/\partial P_i$ больше нуля) увеличиваются или постоянны ($dP_i/d\tau \geq 0$);
- параметры P_j (для них значения величин вида $\partial f/\partial P_j$ меньше нуля) уменьшаются или постоянны ($dP_j/d\tau \leq 0$);
- параметры P_r (для них значения величин вида $\partial f/\partial P_r$ как больше, так и меньше нуля) постоянны ($dP_r/d\tau = 0$).

При этих условиях значение величины $dP/d\tau$, будет больше нуля, то есть увеличение параметра P_1 приводит к увеличению параметра P .

Аналогичные утверждения можно получить и для всех остальных соотношений между направлениями изменений пара-

метров P_1 и P . Если их представить в соответствии с выражением 1.1, то получим, что

$$dP_1/d\tau \rightarrow dP/d\tau \quad (dP_1/d\tau \geq 0, dP_1/d\tau \leq 0, dP_1/d\tau = 0). \quad (1.3)$$

Это выражение имеет следующую словесную интерпретацию (смысл): «Изменение параметра P_1 приводит к изменению параметра P при условии, что: 1) параметры P_i увеличиваются или постоянны; 2) параметры P_i уменьшаются или постоянны; 3) параметры P_i постоянны».

Если теперь в выражение 1.3 включить также сведения, касающиеся:

- пределов изменения параметров $P, P_1, \dots, P_n$;
- объектов $O_1, \dots, O_m$, которые характеризуют параметры $P, P_1, \dots, P_n$;
- отношений между объектами $O_1, \dots, O_m$, то можно получить развернутую форму описания самых различных эффектов.

Прежде чем представить ее вниманию читателей, необходимо сделать несколько замечаний, касающихся вида ее записи. Во-первых, для краткости вместо сложного символа производной по времени ($d.../d\tau$) применяются цифры от 1 до 6. При этом используются следующие правила.

ЕСЛИ	ТО
$dP/d\tau > 0$	1P
$dP/d\tau < 0$	2P
$dP/d\tau = 0$	3P
$dP/d\tau \geq 0$	4P
$dP/d\tau \geq 0$	5P
$dP/d\tau < 0$	6P

Во-вторых, в формуле эффектов опущены все индексы. Это объясняется тем, что индексы, которые используются в формулах, предназначены для упрощения их «расшифровки». В общем случае они могут быть опущены, что здесь и сделано.

ФОРМУЛА ЭФФЕКТА

$$IPO \rightarrow IPO \quad (ORO, \dots, ORO, a \leq PO \leq b, \dots, \\ \langle A_1 \rangle \langle A_2 \rangle \perp \text{-----} \\ a \leq PO \leq b, 5PO, \dots, 5PO, 6PO, \dots, 6PO, 3PO, \dots, 3PO), \quad (1.4) \\ \text{---} \langle U_{1.2} \rangle \text{-----}$$

где $A_1, A_2, U_{1.2}$ — соответственно причина, следствие и условия реализации эффекта; I — направление изменения значений параметра: увеличение (1), уменьшение (2), наличие (3), произвольное изменение (4); P — параметр (свойство), на-

пример: линейный размер, температура, скорость, сила, масса и т. п.; O — объект или система, например: твердое тело, газ, электролит, конденсатор, соленоид и т. п.; R — отношение, например: «находится в контакте», «находится внутри», «является элементом» и т. п.; a, b — нижний и верхний предел изменения параметров P .

Величины a и b — это либо некоторое число единиц в фиксированной системе измерения (СИ, СГС и т. п.), либо другой параметр. В качестве иллюстрации последнего случая можно привести такой пример: $TX = T_2X$ — температура (T) твердого тела (X) равна (=) его температуре плавления (T_2).

Подставляя в это выражение вместо символов I, P, O, R определенные сочетания их значений (см. приложение 1), можно получить формулу любого конкретного эффекта.

Посмотрим, как используя изложенный подход, можно преобразовать описание физических эффектов, представленных в таблицах 1.3, 1.4.

Начнем с эффекта теплового расширения твердых тел.

1. Продифференцируем (по времени) выражение, записанное в разделе C таблицы 1.3.

$$dV/d\tau = 3EV_0 \cdot dT/d\tau + 3TV_0 \cdot dE/d\tau. \quad (1.5)$$

2. Если учесть, что:

- причиной рассматриваемого эффекта является увеличение температуры твердого тела ($dT/d\tau > 0$);
- значения величин « $3EV_0$ » и « $3TV_0$ » больше нуля, то можно доказать, что $dE/d\tau \geq 0$, а $dV/d\tau > 0$.

3. Следовательно, верно, что

$$dT/d\tau \rightarrow dV/d\tau \quad (dE/d\tau \geq 0), \quad (1.6)$$

где $dT/d\tau$ и $dV/d\tau$ больше нуля.

4. Если учесть, что:

- все параметры, входящие в выражение (1.6), являются характеристиками твердого тела (X);
- твердое тело имеет возможность расширяться при нагреве,

то выражение 1.6 можно преобразовать в формулу соответствующего эффекта. Здесь и далее для удобства прочтения подобных формул они приводятся вместе с их словесной интерпретацией.

ЭФФЕКТ ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА[~]

$$1TX \rightarrow 1VX \quad (sX \geq 2, 5EX)$$

Увеличение температуры (T) твердого тела (X) приводит к

[~] Большинство приводимых в этой книге эффектов не будут иметь названий.

увеличению его объема (V) при условии, что: 1) степень фиксации (s) твердого тела больше или равна 2^* , 2) коэффициент линейного расширения (E) твердого тела увеличивается или постоянен.

Теперь преобразуем традиционную формулу описания внутреннего фотоэффекта.

1. Продифференцируем (по времени) выражение, записанное в разделе C таблицы 1.4.

$$dR/d\tau = k(F/F_0 - 1)^c \cdot dI/d\tau + (ck(F/F_0 - 1)^{c-1} I/F_0) \cdot dF/d\tau. \quad (1.7)$$

2. Если учесть, что:

— причиной рассматриваемого эффекта является увеличение интенсивности электромагнитного излучения ($dI/d\tau > 0$);

— значение величин « $k(F/F_0 - 1)^c$ » и « $ck(F/F_0 - 1)^{c-1} I/F_0$ » больше нуля,

то можно доказать, что $dF/d\tau \geq 0$, а $dR/d\tau > 0$.

3. Следовательно, верно, что

$$dI/d\tau \rightarrow dR/d\tau \quad (dF/d\tau \geq 0), \quad (1.8)$$

где $dI/d\tau$, $dR/d\tau$ больше нуля.

4. Если учесть, что:

— параметр I и F характеризуют электромагнитное излучение ($U6$);

— параметр R характеризует диэлектрик ($X7$);

— электромагнитное излучение воздействует на диэлектрик; то выражение 1.8 можно преобразовать в формулу соответствующего эффекта.

ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭФФЕКТ

$1IU6 \rightarrow 1RX7 (U6 + X7, 5FU6)$

Увеличение интенсивности (I) электромагнитного излучения ($U6$) приводит к увеличению электропроводности (R) диэлектрика ($X7$) при условии, что: 1) электромагнитное излучение воздействует (+) на диэлектрик; 2) частота (F) электромагнитного излучения увеличивается или постоянна.

Проведенные исследования позволили определить общую для всех эффектов форму описания. Однако этого недостаточно для достижения поставленной выше цели — разработки массива эффектов. Необходимо еще иметь словарь терминов — общий для различных дисциплин. Он должен содержать символические и естественные языковые имена объектов, параметров и отношений.

Перечень этих терминов совместно с формулой эффекта (1.4) образуют язык описания эффектов, в котором совокуп-

* Степень фиксации объекта, при которой одни его части могут перемещаться относительно других частей (см. с. 71).

ность терминов выполняет роль алфавита, а формула эффекта определяет его грамматику [8, с. 176—189].

Фрагмент указанного словаря, объем которого согласован с содержанием данной книги, приведен в приложении 1. В основном в него включены традиционные физические понятия. Исключение составляют лишь так называемые *конструктивные параметры*. Они могут использоваться для описания различных видов взаимоотношений между объектами, которые указаны в первой части формулы эффекта ($A_1 \rightarrow A_2$), и внешней средой, не раскрывая при этом ее состав.

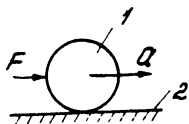
К сказанному надо добавить, что с помощью предлагаемого языка можно описывать не только причинные связи между объектами, но также их наиболее общие геометрические и конструктивные характеристики.

В конце этой главы приведен ряд упражнений, направленных на закрепление практических навыков «вывода» формул эффектов из традиционных форм их описания. Для записи искомых формул лучше использовать символы, указанные в приложении 1. Это упростит проверку найденных решений.

УПРАЖНЕНИЯ

1. Ускорение твердого тела в результате действия на него силы (2-й закон Ньютона).

A:



B:

1 — твердое тело, 2 — опора.
Твердое тело может свободно перемещаться по поверхности опоры.

C:

$$a = (F - F') / M$$

$$F, F', M > 0;$$

$$F > F';$$

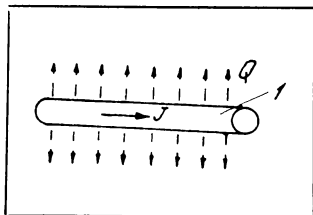
$$F' = \text{const.}$$

D:

a, M — соответственно ускорение и масса твердого тела;
 F — сила, действующая на твердое тело;
 F' — сила трения.

2. Нагрев проводника в результате протекания по нему электрического тока (эффект Джоуля—Ленца).

A:



B:

1 — проводник (электрический)

C:

$$Q = J^2 R \tau$$

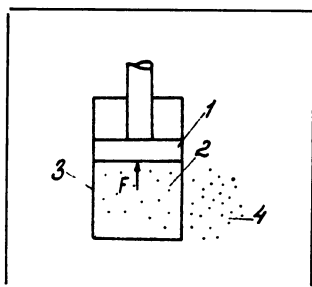
$J, R, \tau > 0,$
 $J — \text{const.}$

D:

Q — количество тепла, выделяющегося в проводнике;
 R, J — соответственно сопротивление проводника и сила электрического тока;
 τ — время прохождения тока.

3. Изменение силы, действующей на поршень, в результате увеличения давления газа в цилиндре.

A:



B:

1 — поршень, 2 — газ, 3 — герметичный сосуд (цилиндр),
4 — окружающая среда.
Газ находится внутри цилиндра, который сверху замкнут поршнем.

C:

$$F = S(P - P_0)$$

$S, P, P_0 > 0;$
 $P > P_0;$
 $S, P_0 — \text{const.}$

D:

F — сила, действующая на поршень;
 S — площадь поршня;
 P — давление газа;
 P_0 — давление окружающей среды.

4. Изменение динамической вязкости жидкости в результате изменения ее температуры.

A: —

B: —

C:

$$b \approx b_0 (T/T_0)^{-e}$$

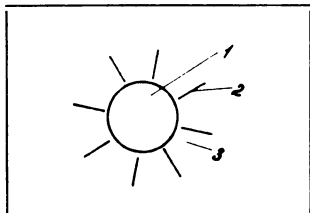
$b_0, T, T_0, e > 0;$
 $b_0, T_0, e — \text{const.}$

D:

b — динамическая вязкость жидкости при температуре T ;
 b_0 — динамическая вязкость жидкости при температуре T_0 ;
 e — некоторое положительное число.

5. Увеличение напряженности электрического поля в результате роста заряда на поверхности диэлектрика.

A:



B:

1 — заряженный диэлектрик,
 2 — электрическое поле, 3 — окружающая среда.

C:

$$E = Q / 4\pi e g R^2$$

$Q, e, g, R > 0$
 $g, R — \text{const}$

D:

E — напряженность электрического поля;
 Q — заряд;
 e — относительная диэлектрическая проницаемость среды:

g — диэлектрическая проницаемость вакуума;
 R — (приблизительно) расстояние между диэлектриком и точкой измерения напряженности.

Ответы (с учетом замечаний, изложенных на с. 31) см. в приложении 4: эффекты № 88, 161, 162, 175, 176, 211, 234, 235.

ГЛАВА 2

МАССИВ ЭФФЕКТОВ

или о том, что связывает Джоуля
и Ленца с Гей-Люссаком



У некоторых читателей может возникнуть вопрос: зачем все эти преобразования форм записи эффектов? Ведь суть то при этом не меняется. Оказывается, подобная унификация описания эффектов придает их совокупности совершенно новое свойство: возможность совмещения следствий одних эффектов с причинами других. Например, увеличение температуры твердого тела приводит к увеличению его линейного размера, а это, в свою очередь, приводит к изменению формы твердого тела. Или: увеличение плотности жидкости приводит к увеличению силы, действующей на плавающее на ее поверхности твердое тело, а это, в свою очередь, приводит к изменению его положения.

Подобное свойство позволяет «связать» между собой все множество известных эффектов в нечто целое. Наиболее наглядно такое «совокупное» знание (в дальнейшем оно будет называться *массивом эффектов*) можно представить в виде графа.

Учитывая, что далеко не все читатели знакомы с данным математическим объектом, то очевидно имеет смысл с помощью простых примеров, заложить интуитивные основы этого понятия и ввести ряд необходимых определений (приводимые здесь сведения о графах взяты из работы 9 с. 9—12).

Сначала рассмотрим участок электрической цепи и часть карты автомобильных дорог.

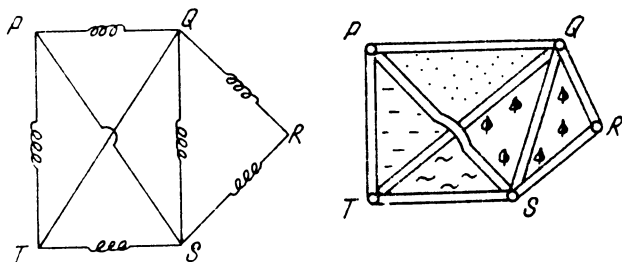


Рис. 2.1. Схема электрической цепи (слева) и карта автомобильных дорог (справа)

Ясно, что оба эти рисунка могут быть представлены одной и той же диаграммой из точек и линий.

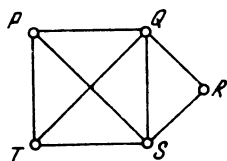


Рис. 2.2. Диаграмма

Точки P , Q , R , S и T называются *вершинами*, линии — *ребрами*, а вся диаграмма в целом — *графом*.

Очевидно, что граф, изображенный на рис. 2.2, может описывать и другие ситуации. Например, если обозначить через P , Q , R , S и T футбольные команды, то наличие ребра между двумя вершинами можно трактовать как состоявшуюся встречу между соответствующими командами (так, согласно рис. 2.2 команда P уже сыграла с Q , T , S , но еще не сыграла с R).

Граф, представленный на рис. 2.2, является «простым» в том смысле, что в нем любую пару вершин соединяет не более чем одно ребро. Предположим, что дороги от R до S и от P до T слишком загружены и для их разгрузки проложены параллельные дороги, соединяющие те же точки; тогда соответствующая диаграмма будет выглядеть, как на рис. 2.3 (ребра, соединяющие R с S или P с T , называются *кратными*).

А что получится, если по каждой из дорог возможно только одностороннее движение? Задавшись таким вопросом, мы придем к рассмотрению *ориентированных графов* (сокращенно — *орграф*). Пример такого графа дан на рис. 2.4, направление движения указано стрелками. Заметим, что если ряд дорог при этом имеет двустороннее движение, то их можно изобразить с помощью двух противоположно ориентированных ребер.

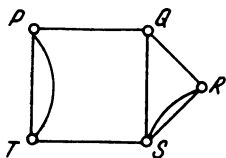


Рис. 2.3. Граф с кратными ребрами

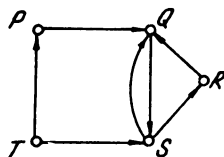
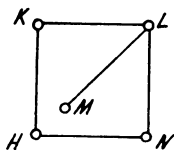
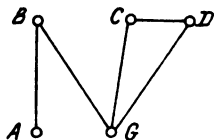


Рис. 2.4. Ориентированный граф

Наибольшее значение при решении задач формирования принципа действия имеют связанные эффекты, которые можно представить в виде цепей. Под цепью понимается последовательность идущих друг за другом ребер или вершин. Так, например, один из способов попасть из T в R (см. рис. 2.4) описывается *цепью* $T \rightarrow P \rightarrow Q \rightarrow S \rightarrow R$.

Могут быть случаи, когда не удастся найти цепь, связывающую две заранее выбранные вершины. Примером этому могут служить вершины B и M приведенного ниже графа.



Очевидно, что в данном случае, цепь между вершинами B и M будет существовать лишь при том условии, если граф представляет собой нечто целое; подобные графы называются *связными*. Представленный выше граф легко можно сделать связным, для этого надо соединить ребром две любые вершины его «правой» и «левой» части, например, вершины C и H .

Среди связных графов особый интерес для нас будут представлять те, в которых существует одна и только одна цепь, соединяющая каждую пару вершин; такие графы называются *деревьями*. На рис. 2.5 показано несколько примеров подобных графов.

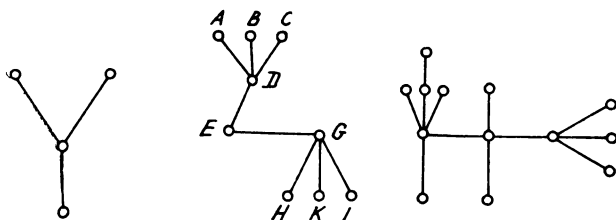


Рис. 2.5. Примеры деревьев

Любое дерево можно представить, причем различными способами, в упорядоченном виде. Например, второе дерево, изображенное на рисунке 2.5, можно упорядочить одним из следующих способов.

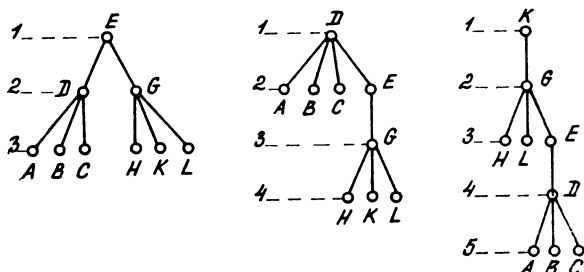


Рис. 2.6. Примеры упорядоченных деревьев

Цифрами отмечены номера *уровней упорядоченности деревьев*.

Главной отличительной чертой *упорядоченного дерева* является то, что все его вершины распределены по уровням, а на первом уровне всегда расположена одна вершина, которая называется *корнем дерева*.

Упорядоченное дерево может быть ориентированным. Если все ребра графа направлены от i -го уровня к $(i+1)$ -ому уровню, то такое дерево называется *нисходящим*, в противном случае — *восходящим*. Конкретные примеры подобных деревьев представлены на следующем рисунке.

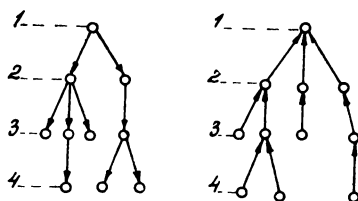


Рис. 2.7. Пример нисходящего (слева) и восходящего (справа) упорядоченного дерева.

Этих сведений вполне достаточно для того, чтобы представить любой массив эффектов в форме графа, называемого в дальнейшем *графом эффектов*.

Начнем с самого простого случая — массива, состоящего из одного эффекта.

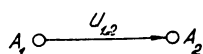


Рис. 2.8. Граф единичного массива эффектов:
 A_1 , A_2 , $U_{1,2}$ — соответственно причина, следствие и условия реализации эффекта (см. выражение 1.4).

Теперь перейдем к рассмотрению более сложного случая — произвольного графа эффектов, который, для определенности, будем называть графом M . В нем фиксированы лишь сведения о том, как связаны между собой отдельные эффекты; сведения об их физической сути опущены. Поэтому для решения практических задач формирования принципов действия подобный граф не годится. Но с его помощью удобно проиллюстрировать основные этапы и правила их решения.

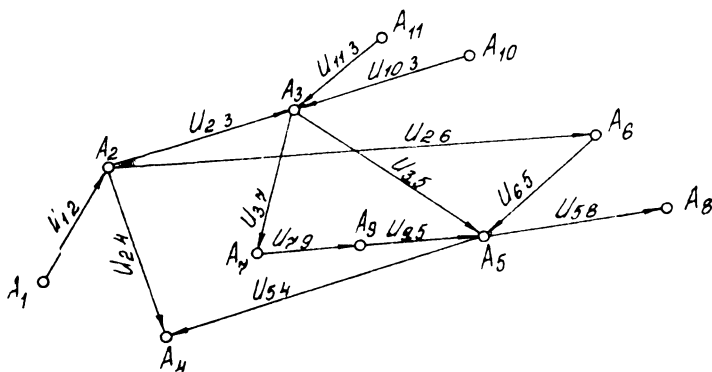


Рис. 2.9. Граф эффектов M :
 $A_1 \rightarrow A_2 (U_{1,2})$, $A_2 \rightarrow A_3 (U_{2,3})$, ... — отдельные эффекты; $A_1, \dots, A_{11}$ — причины и следствия эффектов; $U_{1,2}, U_{2,3}, \dots$ — условия реализации эффектов.

Каким же образом можно использовать граф эффектов при разработке принципов действия новых технических систем? Для ответа на этот вопрос необходимо выяснить, как соотносятся между собой запись условий рассматриваемой задачи (см. с. 5) и описание эффектов.

Оказывается, и это будет показано в следующей главе, функцию любой проектируемой технической системы (как компоненту «цель», так и компоненту «среда») можно определить через некоторые изменения параметра объектов (*IPO*). Например, функции комнатного электронагревателя и водопроводного крана можно определить соответственно как «увеличение температуры воздуха за счет использования электрического тока» и «изменение расхода жидкости при изменении положения твердого тела».

С другой стороны, каждая вершина графа M — это причина (следствие) какого-либо эффекта, которая также определяется через «изменение параметра объекта».

Это обстоятельство позволяет «отобразить» условия задачи формирования принципов действия на графе эффектов. Для этого надо зафиксировать две его вершины, одна из которых соответствует среде, а другая — цели функционирования проектируемой системы. Тогда искомые принципы действия будут состоять из эффектов, которые образуют цепи, соединяющие первую вершину со второй.

Например, необходимо, используя граф эффектов M , найти принципы действия технической системы, которая в среде A_1 позволяет достичь цель A_8 . Тогда, действуя сообразно тому, как было сказано выше, можно получить следующий результат.

ИСКОМЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ

1. $A_1 \rightarrow A_2(U_{1.2})$, $A_2 \rightarrow A_3(U_{2.3})$, $A_3 \rightarrow A_5(U_{3.5})$,
 $A_5 \rightarrow A_8(U_{5.8})$.
2. $A_1 \rightarrow A_2(U_{1.2})$, $A_2 \rightarrow A_6(U_{2.6})$, $A_6 \rightarrow A_5(U_{6.5})$,
 $A_5 \rightarrow A_8(U_{5.8})$.
3. $A_1 \rightarrow A_2(U_{1.2})$, $A_2 \rightarrow A_3(U_{2.3})$, $A_3 \rightarrow A_7(U_{3.7})$,
 $A_7 \rightarrow A_9(U_{7.9})$, $A_9 \rightarrow A_5(U_{9.5})$, $A_5 \rightarrow A_8(U_{5.8})$.

Для того, чтобы придать этому отвлеченному примеру более конкретный вид, предположим, что ряд эффектов графа M имеют следующий физический смысл.

$$A_1 \rightarrow A_2(U_{1.2}) \equiv 3KX1 \rightarrow 3JX1 \sim$$

Наличие в проводнике ($X1$) электрического напряжения (K) приводит к появлению в нем электрического тока силой J .

~ Здесь и далее символ « $\equiv$ » означает: «тождественно» или «можно рассматривать как...».

$$A_2 \rightarrow A_3(U_{2.3}) \equiv 3JX1 \rightarrow 1TX1 \text{ (с}X1=1, 5RX1, 6H1X1\text{)}$$

Наличие в проводнике ($X1$) электрического тока силой J приводит к увеличению его температуры (T) при условии, что: 1) характеристика теплообмена (c) $\wedge$ равна 1; 2) сопротивление (R) проводника увеличивается или постоянно; 3) теплоемкость ($H1$) проводника уменьшается или постоянна.

$$A_3 \rightarrow A_7(U_{3.7}) \equiv 1TX \text{ (}X1--X, TX1 \geq TX\text{)}$$

Увеличение температуры (T) проводника ($X1$) приводит к увеличению температуры твердого тела (X) при условии, что: 1) проводник и твердое тело контактируют между собой (--); 2) температура проводника больше или равна температуре твердого тела.

$$A_7 \rightarrow A_9(U_{7.9}) \equiv 1TX \rightarrow 1E2X \text{ (s}X=1\text{)}$$

Увеличение температуры (T) твердого тела (X) приводит к увеличению в нем напряжения сжатия ($E2$) при условии, что степень фиксации (s) * твердого тела равна 1.

$$A_9 \rightarrow A_5(U_{9.5}) \equiv 1E2X' \rightarrow 1E2X'' \text{ (}X'--X'', sX'=1, sX''=1\text{)}$$

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в одном твердом теле (X') приводит к увеличению напряжения сжатия в другом твердом теле (X'') при условии, что: 1) первое и второе твердое тело контактирует между собой (--); 2) степень фиксации (s) первого и второго твердого тела равна 1.

$$A_5 \rightarrow A_8(U_{5.8}) \equiv 1E2X \rightarrow 4FX \text{ (}E2X \geq B3X\text{)}$$

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в твердом теле (X) приводит к изменению его формы (F) при условии, что механическое напряжение в твердом теле больше или равно пределу его упругости ($B3$).

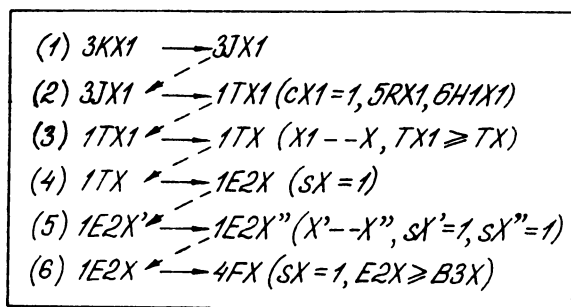
В этом случае приведенная выше «абстрактная» задача формирования принципов действия ($A_1 \rightarrow A_8$) примет конкретный вид: каким образом можно изменить форму твердого тела ($A_8 \equiv 4FX$) за счет использования электрической энергии ($A_1 \equiv \equiv 3KX1$). Иными словами — найти принципы действия электропресса.

Как нетрудно убедиться, условиям этой задачи удовлетворяет принцип действия, который образуют перечисленные выше эффекты. Действительно, если свести их формулы воедино, то получим следующий результат.

$\wedge$ — см. с. 72.

* — см. с. 71.

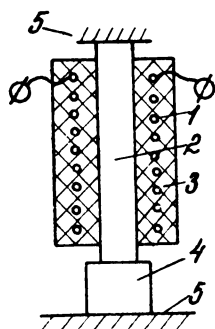
ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОПРЕССА



Здесь $\nearrow$ означает логическую взаимосвязь между отдельными эффектами; (1) ÷ (6) — номера эффектов в найденном принципе действия.

Приведенный пример позволяет наглядно продемонстрировать одно из главных преимуществ комбинаторного метода перед существующими (см. с. 4). Оно состоит в том, что сведений, которые содержатся в условиях реализации эффектов, образующих принцип действия проектируемой системы, достаточно для получения ее «графической иллюстрации», или, как иногда говорят, «скелетной» конструкции [5, с. 41].

Действительно, из анализа полученного решения видно, что проектируемый электропресс состоит из двух элементов — проводника $X1$ и твердого тела X' (см. эффект 1 и 3), причем эти объекты находятся в отношении произвольного контакта ($X1--X$). Твердое тело X' воздействует на другое твердое тело X'' . Оно, в данном случае, является тем объектом, на который направлено действие электропресса. Учитывая значения характеристики теплообмена проводника ($cX1=1$) и степень фиксации твердых тел ($sX'=1, sX''=1$), можно предложить вариант компоновки электропресса.



Приведенные рассуждения достаточно ясно показывают, что с помощью графа эффектов решить задачу формирования принципов действия не представляет большого труда — все искомые принципы действия видны как бы «сразу». Однако увеличение числа эффектов в массиве приводит к увеличению числа пересечений ребер графа и формата листа, на котором его

Рис. 2.10. Компоновка электропресса:
1 — электронагреватель ($X1$); 2 — металлическая штанга (X'); 3 — электро- и теплоизоляция; 4 — деталь (X''); 5 — опоры.

можно было бы изобразить «целиком». Это ведет к тому, что по мере роста мощности массива эффектов графическая форма его представления теряет указанное преимущество. Поэтому надо искать другие — более удобные и универсальные — формы описания массива эффектов.

В этой книге рассмотрен вариант комбинаторного метода, база знаний которого представляет из себя перечни групп однопричинных и односледственных эффектов, а также общий их перечень (см. приложения 2÷4). Первые два из указанных перечней получаются в результате объединения эффектов, имеющих одинаковые причины или следствия.

Например, граф *М*, состоящий из 13 эффектов (рис. 2.9), можно преобразовать следующим образом.

ПЕРЕЧЕНЬ ГРУПП ОДНОПРИЧИННЫХ ЭФФЕКТОВ

A_1	A_3	A_7
1. $A_1 \rightarrow A_2$ A_2	5. $A_3 \rightarrow A_5$ A_5	13. $A_7 \rightarrow A_9$ A_9
2. $A_2 \rightarrow A_3$	6. $A_5 \rightarrow A_4$	12. $A_9 \rightarrow A_5$
3. $A_2 \rightarrow A_4$	9. $A_5 \rightarrow A_8$	10. $A_{10} \rightarrow A_3$
4. $A_2 \rightarrow A_6$	A_6	A_{11}
	8. $A_6 \rightarrow A_5$	11. $A_{11} \rightarrow A_3$

ПЕРЕЧЕНЬ ГРУПП ОДНОСЛЕДСТВЕННЫХ ЭФФЕКТОВ

A_2	A_4	A_6
1. $A_1 \rightarrow A_2$ A_3	3. $A_2 \rightarrow A_4$ A_5	4. $A_2 \rightarrow A_6$ A_7
2. $A_2 \rightarrow A_3$	6. $A_5 \rightarrow A_4$	7. $A_3 \rightarrow A_7$
10. $A_{10} \rightarrow A_3$	5. $A_3 \rightarrow A_5$	8. $A_7 \rightarrow A_9$
11. $A_{11} \rightarrow A_3$	8. $A_6 \rightarrow A_5$	9. $A_5 \rightarrow A_8$
	12. $A_9 \rightarrow A_5$	A_9
		13. $A_7 \rightarrow A_9$

ОБЩИЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЭФФЕКТОВ

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1. $A_1 \rightarrow A_2 (U_{1.2})$ | 5. $A_3 \rightarrow A_5 (U_{3.5})$ | 9. $A_5 \rightarrow A_8 (U_{5.8})$ |
| 2. $A_2 \rightarrow A_3 (U_{2.3})$ | 6. $A_5 \rightarrow A_4 (U_{5.4})$ | 10. $A_{10} \rightarrow A_3 (U_{10.3})$ |
| 3. $A_2 \rightarrow A_4 (U_{2.4})$ | 7. $A_3 \rightarrow A_7 (U_{3.7})$ | 11. $A_{11} \rightarrow A_3 (U_{11.3})$ |
| 4. $A_2 \rightarrow A_6 (U_{2.6})$ | 8. $A_6 \rightarrow A_5 (U_{6.5})$ | 12. $A_9 \rightarrow A_5 (U_{9.5})$ |
| | | 13. $A_7 \rightarrow A_9 (U_{7.9})$ |

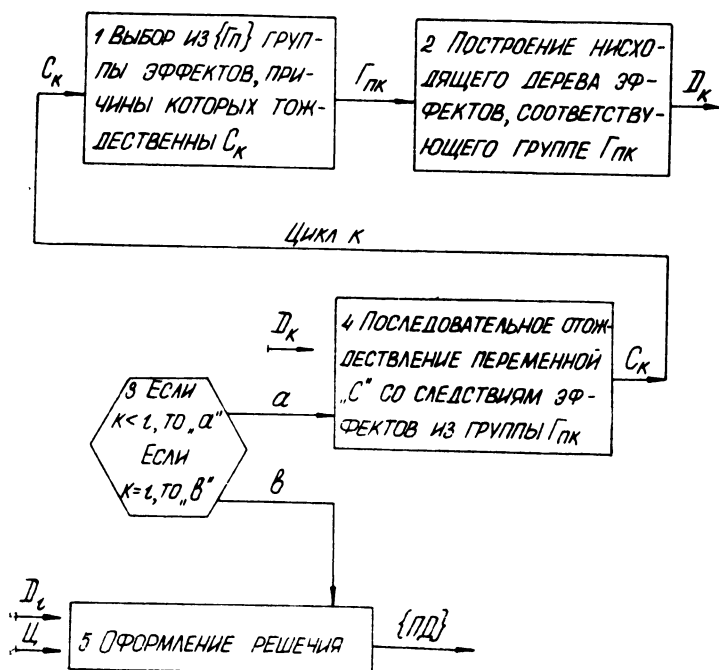
Как нетрудно убедиться, данные перечни содержат все сведения о взаимосвязях вершин графа *М*. Следовательно, с их помощью также можно решать задачи формирования принципов действия. При этом надо учитывать два обстоятельства.

Во-первых, рассматриваемая задача может быть решена двумя способами: «прямым» и «обратным». При использовании первого из них искомый принцип действия формируется от «среды функционирования» к «цели функционирования», а при использовании второго способа — наоборот.

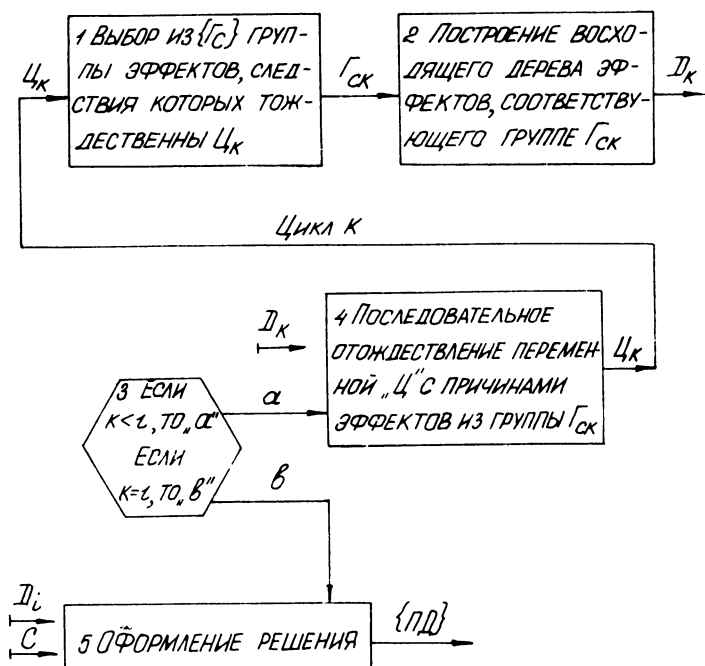
Во-вторых, для того, чтобы сократить число шагов в процессе решения подобных задач, результат манипулирования перечнями групп эффектов первоначально оформляется (в зависимости от способа решения) в виде нисходящего или восходящего дерева эффектов.

С учетом сказанного совокупность операции комбинаторного метода будет определяться следующей блок-схемой.

ПРЯМОЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ



ОБРАТНЫЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ



Используемые в этих схемах символы имеют следующий смысл:

$1 \div 5$ — группы операций комбинаторного метода;
 k — шаг решения задачи формирования принципов действия;

C_k — $\begin{cases} k=1 — \text{компонента «среда функционирования проектируемой системы»,} \\ k>1 — \text{следствия эффектов, найденных на шаге } (k-1); \end{cases}$

Π_k — $\begin{cases} k=1 — \text{компонента «цель функционирования проектируемой системы»,} \\ k>1 — \text{причины эффектов, найденных на шаге } (k-1); \end{cases}$

$\{Г_{п}\}, \{Г_{с}\}$ — соответственно перечень групп однопричинных и односледственных эффектов;

$Г_{п}, Г_{с}$ — соответственно группы однопричинных и односледственных эффектов;

D — дерево эффектов;

i — максимально допустимое число уровней в дереве эффектов;

$Ц, С$ — соответственно цель и среда функционирования проектируемой системы;

$\{ПД\}$ — варианты принципа действия проектируемой системы.

На первый взгляд может показаться, что использование в комбинаторном методе прямого и обратного способа решения излишне, так как и тот и другой приводят к одинаковым результатам. Это замечание справедливо лишь в том случае, если исходные данные задачи формирования принципов действия определены в полном объеме. Иными словами, известны как среда, так и цель функционирования проектируемой системы. Однако на практике очень часто встречаются случаи, когда условия рассматриваемой задачи определены частично: точно известна либо цель, либо среда функционирования. Исходные данные такого рода задач записываются следующим образом.

ДАНО: среда и цель функционирования проектируемой системы: $\emptyset \dashrightarrow A$

или

ДАНО: среда и цель функционирования проектируемой системы: $A \dashrightarrow \emptyset$.

Здесь $\emptyset, A$ — соответственно, неопределенная (некоторая) и определенная (конкретная) цель или среда функционирования.

Подобные задачи в дальнейшем будут называться *частично-определенными*. При решении задач первого типа ($\emptyset \dashrightarrow A$) можно использовать только обратный способ, а при решении задач второго типа ($A \dashrightarrow \emptyset$) — только прямой.

Теперь посмотрим, как, используя перечень групп однопричинных эффектов (см. с. 26) и действуя в соответствии с предложенной блок-схемой, можно найти решение уже известной нам задачи (см. с. 23).

ДАНО: среда и цель функционирования проектируемой системы: $A_1 \dashrightarrow A_8$.

НАЙТИ: варианты принципа действия системы, выполняющей заданную функцию.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Пусть $i=4$

ДЕРЕВО ЭФФЕКТОВ

$k=1$ [1) $C \equiv A_1$; 2) По A_1 находим группу однопричинных эффектов « A_1 ».

→

$k=2$ [3) $C \equiv A_2$; 4) По A_2 находим группу однопричинных эффектов « A_2 ».

→

$k=3$ [5) $C' \equiv A_3$; 6) По A_3 находим группу однопричинных эффектов « A_3 ».
7) $C'' \equiv A_6$; 8) По A_6 находим группу однопричинных эффектов « A_6 »
■ — группы « A_4 » в рассматриваемом перечне нет.

→

$k=4$ [9) $C' \equiv A_5$; 10) по A_5 находим группу однопричинных эффектов « A_5 ».
11) $C'' \equiv A_7$; 12) По A_7 находим группу однопричинных эффектов « A_7 ».

$k=i=4$

→

ИСКОМЫЕ ПРИНЦИПЫ
ДЕЙСТВИЯ

Конец решения

ПД1: $A_1 \rightarrow A_2 (U_{1.2})$, $A_2 \rightarrow A_3 (U_{2.3})$, $A_3 \rightarrow A_5 (U_{3.5})$,
 $A_5 \rightarrow A_8 (U_{5.8})$;
ПД2: $A_1 \rightarrow A_2 (U_{1.2})$, $A_2 \rightarrow A_6 (U_{2.6})$,
 $A_6 \rightarrow A_5 (U_{6.5})$, $A_5 \rightarrow A_8 (U_{5.8})$.

Здесь цифры, стоящие возле ребер дерева, соответствуют номерам эффектов в их общем перечне (см. с. 26).

В заключение этой главы необходимо дать несколько пояснений, касающихся общего перечня эффектов (см. приложение 4). Форма описания большинства из входящих в него эффектов имеет ряд отличий от той, что использовалась ранее.

Во-первых, при разработке этого перечня большая часть параметров, определяющих условия реализации эффектов, рассматриваются как некоторые постоянные (см. с. 14). Исключениями являются лишь те, значение которых влияет на наличие или отсутствие связи между причиной и следствием эффекта.

Например, известно, что если твердое тело находится в потоке жидкости, то увеличение его линейного размера приводит к увеличению подводимого к нему тепла. Условия реализации данного эффекта определяются такими параметрами взаимодействующих объектов, как шероховатость поверхности твердого тела, скорость, плотность, вязкость жидкости и т. п. Из них особо надо выделить скорость жидкости (W), так как в отличие от остальных определяющих параметров она может принимать нулевое значение ($W=0$), при котором взаимосвязь между рассматриваемыми процессами не существует.

С учетом вышесказанного этот эффект будет описан следующим образом.

$$1LX \rightarrow 1Q1X \ (X-Y, 5WY)$$

Увеличение линейного размера (L) твердого тела (X) приводит к увеличению подводимого к нему количества тепла ($Q1X$) при условии, что: 1) твердое тело находится в потоке жидкости ($X-Y$); 2) скорость (W) жидкости увеличивается или постоянна.

Направления изменения других параметров, определяющих условия реализации этого эффекта, в его формуле не указаны.

Во-вторых, с целью сокращения объема рассматриваемого перечня словесное описание пары *противоположных эффектов* объединяется в единый фрагмент.

Отличительным признаком эффектов такого рода является наличие в их описании противоположных тенденций изменения одних и тех же параметров объектов (PO).

Например, по отношению к упоминаемому ранее эффекту теплового расширения противоположным будет эффект теплового сжатия,

$$2TX \rightarrow 2VX \ (sX \geq 2, 6EX)$$

Уменьшение температуры (T) твердого тела (X) приводит к уменьшению его объема (V), при условии, что: 1) степень фиксации (s) твердого тела больше или равна 2; 2) коэффициент линейного расширения (E) твердого тела уменьшается или постоянен.

В общем перечне данная пара эффектов, с учетом первого замечания, будет описана следующим образом.

a. $1TX \rightarrow 1VX$ ($sX \geq 2$)

b. $2TX \rightarrow 2VX$ ($sX \geq 2$)

Увеличение (уменьшение) температуры (T) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) его объема (V) при условии, что степень фиксации (s) твердого тела больше или равна 2.

Здесь a и b — номера эффектов в общем перечне.

В-третьих, в общий перечень включен ряд логических правил, по форме описания напоминающих эффекты. Их использование в базе комбинаторного метода позволяет существенно сократить число входящих в нее эффектов, не меняя при этом общий объем содержащихся в ней знаний. Суть указанного механизма «свертывания» информации состоит в возможности переноса сведений, фиксированных в эффектах общего характера, на ряд частных случаев.

Например, явление контактного теплообмена между такими объектами как твердое тело, жидкость и газ для случая нагрева описывается 9 эффектами.

$$\begin{array}{l|l} 1TX' \rightarrow 1TX'' (X' \text{--} X'', TX' \geq TX'') & 1TY \rightarrow 1TX (Y \text{--} X, TY \geq TX) \\ 1TX \rightarrow 1TY (X \text{--} Y, TX \geq TY) & 1TY' \rightarrow 1TY'' (Y' \text{--} Y'', TY' \geq TY'') \\ 1TY \rightarrow 1TZ (X \text{--} Z, TX \geq TZ) & 1TY \rightarrow 1TZ (Y \text{--} Z, TY \geq TZ) \\ & 1TZ \rightarrow 1TX (Z \text{--} X, TZ \geq TX) \\ & 1TZ \rightarrow 1TY (Z \text{--} Y, TZ \geq TY) \\ & 1TZ' \rightarrow 1TZ'' (Z' \text{--} Z'', TZ' \geq TZ'') \end{array}$$

Здесь T — температура, X — твердое тело, Y — жидкость, Z — газ, «--» — отношение произвольного контакта, штрихи (', '') используются для обозначения различных, но однотипных объектов.

С другой стороны, известно, что рассматриваемые объекты являются частными случаями вещества (V). Поэтому приведенные выше группы эффектов можно заменить одним эффектом и шестью логическими правилами.

$$\begin{array}{l|l} 1TV' \rightarrow 1TV'' (V' \text{--} V'', TV' \geq TV'') & \\ 1TV \equiv 1TX (V \equiv X) & 1TX \equiv 1TV \\ 1TV \equiv 1TY (V \equiv Y) & 1TY \equiv 1TV \\ 1TV \equiv 1TZ (V \equiv Z) & 1TZ \equiv 1TV \end{array}$$

Здесь « $\equiv$ » — «является», «можно рассматривать как...». Например, формула « $1TV \equiv 1TX (V \equiv X)$ » — означает «увеличение температуры (T) вещества (V) можно рассматривать как увеличение температуры твердого тела (X) при условии, что вещество является твердым телом».

Нетрудно показать, что проведенная замена, сокращая число элементов базы знаний, не изменяет их объем, так как любой из исходных эффектов можно заменить комбинацией двух правил и последнего эффекта. Например, группа формул $1TX \equiv 1TV$; $1TV' \rightarrow 1TV'' (V' \rightarrow V'', TV' \geq TV'')$; $1TV \equiv 1TX (V \equiv X)$ имеет тот же смысл, что и формула первого исходного эффекта: $1TX' \rightarrow 1TX'' (X' \rightarrow X'', TX' \geq TX'')$.

В-четвертых, ряд эффектов, входящих в перечень, сопровождается специальными значками — литерами, которые используются в процессе формирования принципов действия и при разработке их графической иллюстрации. Эти значки записываются в квадратных скобках сразу после условий реализации эффекта.

Литера «О» (одиночный) означает, что данный эффект не имеет противоположного.

Литера «р1» означает, что в причине эффекта указан не «любой», а «некоторый» параметр. Например, толщина — некоторый линейный размер.

Литера «р2» означает, что в следствии эффекта указан не «любой», а «некоторый» параметр.

Литера «о1» означает, что в причине эффекта указан не «любой», а «некоторый» объект. Например, сигнетоэлектрик — некоторый диэлектрик.

Литера «о2» означает, что в следствии эффекта указан не «любой», а «некоторый» объект.

Литера «Д» (двойной) — означает, что в причине и в следствии эффекта указаны различные объекты.

Посмотрим, что может дать использование этих значков при решении конкретных задач.

Предположим, надо найти несколько вариантов принципа действия какого-либо регулятора. Известно, что цель функционирования систем такого рода состоит как в увеличении, так и в уменьшении некоторого параметра (Р) объекта (О): $1PO$, $2PO$. На первый взгляд кажется, что в данном случае придется сначала решить две задачи: $\dots \rightarrow 1PO$; $\dots \rightarrow 2PO$, а потом на основании сравнительного анализа полученных результатов выбрать из них искомые варианты принципа действия. Однако использование в формуле эффектов литеры «О» позволит существенно упростить применение комбинаторного метода в подобных ситуациях. Достаточно будет решить любую из указанных выше задач с тем лишь условием, что в процессе формирования принципов действия в их состав не будут включаться эффекты, помеченные литерой «О». Все, что при этом будет найдено, является вариантами принципа действия рассматриваемого регулятора.

Применение остальных литер позволяет избежать попадания в результат решения задач практически нереализуемых, противоречивых принципов действия. Объем этой книги не позволяет подробно рассмотреть данный вопрос. Поэтому огра-

нимся здесь перечислением правил, которые позволяют однозначно определить, является ли тот или иной принцип действия (ПД) *противоречивым* или нет.

1. Если ПД содержит два эффекта с литерами $o2, o1$ (или $o1, o2$), между которыми нет эффекта (эффектов) с литерой D , то данный ПД является противоречивым.

Например, любой ПД, содержащий приведенный ниже фрагмент, является противоречивым.

.

a. $3Y \rightarrow 1E2X (X \rightarrow Y, sX=1) \quad [o1, o2]$

Наличие некоторой жидкости (Y)[~] приводит к увеличению напряжения сжатия ($E2$) в некотором твердом теле (X)^{*} при условии, что: 1) твердое тело контактирует с жидкостью; 2) степень фиксации (s) твердого тела равна 1.

^{*} X — пористое тело.

[~] Y — жидкость, смачивающая пористое тело X .

b: $1E2X \rightarrow 3RX1 (X * S1, X1 + S1) \quad [o1]$

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в некотором твердом теле (X) приводит к появлению электрического напряжения (K) в проводнике ($X1$) при условии, что: 1) твердое тело является пьезокристаллом; 2) пьезокристалл является прокладкой конденсатора ($S1$); 3) проводник подключен к клеммам конденсатора.

.

2. Если ПД содержит два эффекта с литерами $p1, p2$ (или $p2, p1$), между которыми нет других эффектов (не путать с правилами отождествления), то данный ПД является противоречивым.

Например, любой ПД, содержащий приведенный ниже фрагмент, является противоречивым.

.

a. $1HU3 \rightarrow 1LX2 (sX2 \geq 2) \quad [p2]$

Увеличение напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению некоторого линейного размера (L)[~] ферромагнетика при условии, что степень фиксации (s) ферромагнетика больше или равна 2.

[~] Направление изменения линейного размера параллельно вектору напряженности магнитного поля.

b. $1LX2 \equiv 1LX6 (X2 \equiv X6) \quad [o1, o2]$

Увеличение линейного размера (L) ферромагнетика ($X2$) можно рассматривать как увеличение линейного размера некоторого металлического проводника ($X6$) при условии, что ферромагнетик, является металлическим проводником.

c. $1LX6 \rightarrow 1RX6 \quad [p1]$

Увеличение некоторого линейного размера (L) ~ металлического проводника ($X6$) приводит к увеличению его сопротивления.

~ L — длина проводника.

.

Надо отметить, что противоречия этого типа можно легко устранить с помощью эвристических приемов, перечень которых был приведен в третьей книге данной серии.

3. Если ПД содержит два эффекта с несовместимыми условиями, между которыми нет эффекта (эффектов) с литерой D , то данный ПД является противоречивым.

Например, любой ПД, содержащий приведенный ниже фрагмент, является противоречивым.

.

a. $1Q1V \rightarrow 1Q2V$ ($cV=3$)

Увеличение количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), приводит к увеличению отводимого от него количества тепла ($Q2V$) при условии, что характеристика теплообмена (c) вещества равна 3.

b. $1Q2V \rightarrow 2TV$ ($cV=2$) [o]

Увеличение количества тепла, отводимого от вещества ($Q2V$), приводит к уменьшению его температуры (T) при условии, что характеристика теплообмена (c) вещества равна 2.

.

4. Если ПД содержит два правила, устанавливающих тождественность различных объектов, между которыми нет эффекта (эффектов) с литерой D , то данный принцип действия является противоречивым.

Например, любой ПД, содержащий приведенный ниже фрагмент, является противоречивым.

.

a. $1MX \equiv 1MV$ ($X \equiv V$) [o2]

Увеличение массы (M) твердого тела (X) можно рассматривать как увеличение массы вещества (V).

b. $1MV \rightarrow 1P2V$

Увеличение массы (M) вещества (V) приводит к увеличению его веса ($P2$).

c. $1P2V \equiv 1P2Y$ ($V \equiv Y$) [o1]

Увеличение веса ($P2$) вещества (V) можно рассматривать как увеличение веса жидкости (Y) при условии, что вещество является жидкостью.

.

Здесь a, b, c — номера эффектов в их общем перечне.

УПРАЖНЕНИЯ

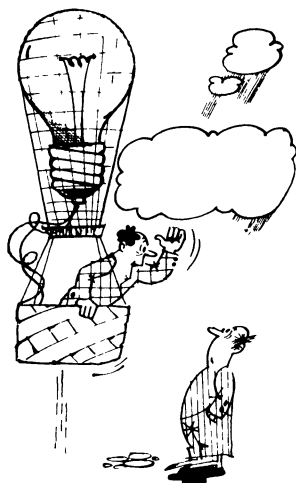
1. Определите принцип действия следующих технических систем: электрическая лампа; соленоид; термометр; гидравлический кран; аэростат, использующий эффект нагрева рабочего газа.

При описании принципов действия этих систем используется словарь терминов языка описания эффектов (см. приложение 1).

2. Решите приведенную ниже задачу, используя для этого указанные ранее перечень групп однопричинных эффектов и общий перечень эффектов (см. 26).

ДАНО: среда и цель функционирования проектируемой системы: $A_1 \rightarrow A_4$.

НАЙТИ: варианты принципа действия системы, выполняющей заданную функцию.



АЛГОРИТМ КОМБИНАТОРНОГО МЕТОДА и дюжина проблемных ситуаций



Прежде чем приступить к разработке алгоритма комбинаторного метода, необходимо рассмотреть вопрос постановки задачи формирования принципов действия. Причина этого та же, что и в случае практического использования параметрического метода. В реальной практике в качестве исходной информации используются не условия задачи, а текст проблемной ситуации [1, с. 23].

К этому надо добавить, что в данном случае проблемные ситуации (с точки зрения их содержания) несколько отличаются от тех, что рассматривались в 3-ей книге данной серии. Их ситуационная часть представляет из себя описание среды, в которой должна функционировать проектируемая система. В проблемной части указывается (явно или неявно) цель, которую нужно достичь в результате выполнения функции этой системы. Указанные отличия в описании подобных проблемных ситуаций лучше пояснить на конкретных примерах, в которых ситуационная и проблемная части четко выделены.

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 1

⟨СИТУАЦИЯ⟩

В ряде случаев линии электропередач (ЛЭП) приходится размещать в районах, в которых выпадает большое количество осадков (дождь, снег, туман). В холодный период времени, когда температура окружающего воздуха колеблется около 0°C , провода постепенно обрастают коркой льда значительной толщины. В ряде случаев вес выросшего льда столь велик, что провода ЛЭП не выдерживают и рвутся.

⟨ПРОБЛЕМА⟩

Как предотвратить обрыв проводов ЛЭП?

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 2

⟨СИТУАЦИЯ⟩

В некоторых лабораторных химических технологиях требуется осуществлять регулировку «малых» расходов различных жидких реагентов. Использование в этом случае известных механических устройств, например, крана или зажима, не позволяет получить необходимой точности регулирования расхода.

⟨ПРОБЛЕМА⟩

Как регулировать расход жидкости, если его величина незначительна (менее $0,1 \text{ г/с}$)?

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 3

⟨СИТУАЦИЯ⟩

При производстве деталей из термопластмассы (обычно для этого используется способ литья под давлением) возникла не-

обходимость определения момента отвердения ее материала во всем объеме. Ввиду того, что в качестве исходного сырья используются вторичные отходы, состав которых, как известно, непостоянен, то определить заранее, за счет предварительных экспериментов, длительность процесса отвердения деталей невозможно.

Известно, что процесс отвердения термопластмассы сопровождается ее усадкой (наблюдается эффект объемного сжатия). Это, в свою очередь, приводит к росту соответствующих механических напряжений.

〈ПРОБЛЕМА〉

Как определить момент отвердения материала детали во всем ее объеме?

* * *

Надо отметить, что переход от текста проблемной ситуации к условиям задачи формирования принципа действия представляет из себя сложную, еще не до конца исследованную эвристическую процедуру. Ее можно разделить на ряд относительно самостоятельных операций, краткое описание которых приводится ниже. Кроме того, выполнение указанных операций сопровождается разбором примера преобразования проблемной ситуации 1 в одну из возможных задач формирования принципов действия (см. абзацы, выделенные курсивом).

1. Определите, какую цель надо достичь, чтобы разрешить рассматриваемую проблемную ситуацию.

Под целью будем понимать любое желательное изменение элемента среды (результат функционирования проектируемой системы).

Обычно в подобных случаях удается сформулировать не одну, а несколько целей.

Из описания проблемной ситуации 1 видно, что для ее преодоления необходимо применить какую-либо систему защиты. При разработке подобных систем можно идти двумя путями: либо устранять первопричину, ведущую к появлению вредного фактора, либо компенсировать последствия, к которым приводит действие этого фактора. В данном случае реализация первого подхода приводит к необходимости разработки способа снижения объема осадков в районе, где расположена ЛЭП, а реализация второго подхода — способа удаления льда, выросшего на проводах ЛЭП.

2. Определите среду, в которой будет функционировать проектируемая система.

Под средой функционирования будем понимать то или иное явление, указанное (явно или неявно) в ситуационной части проблемной ситуации (ПС).

В общем случае, анализируя текст ПС, можно предложить несколько вариантов среды функционирования проектируемой системы.

В качестве среды функционирования проектируемой системы можно предложить различные технические и природные явления. Однако в данном случае вне конкуренции — переменный электрический ток. Он течет в проводах ЛЭП в течение почти всего периода ее эксплуатации и характеризуется значительной энергией.

3. Сформулируйте функцию проектируемой системы в общетехнических терминах.

Как известно, функцию проектируемой системы можно определить через совокупность описаний цели и среды ее функционирования.

Учитывая, что каждый из указанных компонентов обычно представлен в нескольких вариантах, то и искомая функция также будет иметь несколько вариантов. Их число равно произведению чисел вариантов описания целей и среды.

Следовательно, для того, чтобы выполнить данную операцию, надо из множества допустимых функций выбрать одну, лучше всего ту, которая (предположительно) имеет наиболее простую техническую реализацию.

Если не удастся найти строгое логическое обоснование, позволяющее сделать однозначный выбор функции проектируемой системы, то при выборе можно исходить из каких-либо интуитивных соображений, или сделать его случайным образом.

Функция проектируемой системы: удаление льда, наросшего на проводах ЛЭП, за счет использования, протекающего по ним электрического тока.

Выбор данной функции объясняется тем, что удалить лед, наросший на проводах ЛЭП, проще и целесообразнее, чем снижать объем осадков.

4. Сформулируйте на основании функции проектируемой системы задачу формирования принципов действия.

Для выполнения этой операции надо описать функцию проектируемой системы в терминах языка описания эффектов (см. приложение 1). Производя подобный «перевод», надо учитывать следующее обстоятельство.

Как показывают предварительные исследования, исходя из результата функционирования технических систем, все их многообразие можно разделить на два класса: 1) *системы внешнего* и 2) *внутреннего действия*.

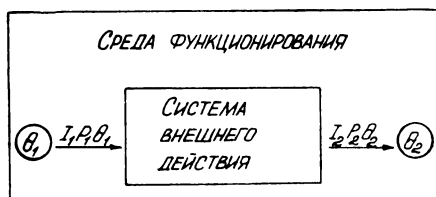
Функционирование систем, относящихся к 1-му классу, позволяет производить изменение одних объектов внешней среды за счет изменения других. Примерами подобных систем могут служить различные транспортные средства, станки, лазер, электронагреватель и т. п.

Системы, относящиеся ко 2-ому классу, наоборот, сами изменяются в результате действия на них окружающей среды. Их примерами могут служить всевозможные измерительные системы, аккумуляторы различных типов, пассивные защитные устройства и т. п.

Суть отличий между указанными классами технических систем хорошо иллюстрирует следующая схема.

Рис. 3.1. Функционирование систем внешнего и внутреннего действия:

θ_1 , θ_2 — объекты среды функционирования; θ'_2 — элемент системы внутреннего действия; $I_1 P_1 \theta_1$ — среда функционирования; $I_2 P_2 \theta_2$, $I_2 P_2 \theta'_2$ — цель функционирования, соответственно системы внешнего и внутреннего действия.



Задача формирования принципов действия.

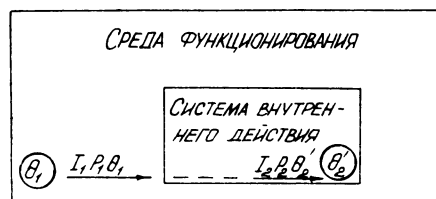
ДАНО: 1) проектируемая система — противообледенительное устройство;

2) среда и цель функционирования противообледенительного устройства:
3J4X1 → 2P2X.

НАЙТИ: варианты принципа действия системы, выполняющей заданную функцию.

Здесь 3J4X1 — наличие переменного электрического тока (J4) в проводнике (X1); 1P2X — уменьшение веса (P2) твердого тела (X).

При постановке задачи лед рассматривается как твердое тело (X), а провода ЛЭП как электрический проводник (X1).



* * *

Как видно из приведенного примера, процедура сведения проблемной ситуации к задаче формирования принципов действия далеко нетривиальна. Это существенно осложняет использование комбинаторного метода на практике.

Для того, чтобы несколько облегчить указанный переход, в алгоритм комбинаторного метода включены рассмотренные выше операции постановки задачи. Кроме этого, алгоритм комбинаторного метода содержит рекомендации, позволяющие построить графические иллюстрации найденных принципов действия, что также улучшает «эксплуатационные» характеристики данного метода.

Во всем остальном приводимый ниже алгоритм комбинаторного метода не выходит за рамки блок-схемы, которая была изложена выше.

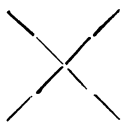
АЛГОРИТМ КОМБИНАТОРНОГО МЕТОДА

1. Определите варианты цели, достижение которой позволит устранить рассматриваемую проблему.

Результат запишите в 1-ю строку формы 1, используя для этого общетехнические термины.

Ф. 1

ВАРИАНТЫ ФУНКЦИИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ

«Ц» \ «С»	1. . . .		n. . . .
1. . . .			
⋮	⋮		⋮
m. . . .			

Здесь «Ц», «С» — соответственно варианты цели и среды функционирования проектируемой системы; 1, ..., n; 1, ..., m — соответственно номера вариантов цели и среды.

Вместо точек записывается результат выполнения операции.

▲ Здесь под целью понимается желательное изменение природного (технического) объекта, указанного (явно или неявно) в тексте проблемной ситуации.

▲ Если рассматриваемую проблему предполагается устранить за счет разработки и применения систем внутреннего действия, то допускается ситуация, когда указанная цель остается неопределенной. В этом случае в 1-ю клетку 1-й строки формы 1 записывается знак $\emptyset$ (ноль).

▲ К СИСТЕМАМ ВНУТРЕННЕГО ДЕЙСТВИЯ В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ ОТНОСЯТСЯ:

1) Система измерения (амперметр, расходомер, тензодатчик и т. п.).

2) Системы пассивной защиты (теплозащита, плавкий предохранитель, разрывной клапан и т. д.).

3) Системы хранения информации (фотоаппарат, системы звукозаписи, запоминающие устройства и т. п.).

4) Аккумуляторы (электрические, механические, тепловые и т. п.).

2. Определите варианты среды функционирования проектируемой системы.

Результат запишите в 1-й столбец формы 1, используя для этого общетехнические термины.

▲ Здесь под средой понимается существующее изменение свойств природного (технического) объекта, указанного (явно или неявно) в тексте проблемной ситуации.

▲ Если рассматриваемую проблему предполагается устранить за счет разработки и применения систем внешнего действия, то допускается ситуация, когда указанная среда остается неопределенной. В этом случае в 1-ю клетку 1-го столбца формы 1 записывается знак $\emptyset$ (ноль).

▲ **К СИСТЕМАМ ВНЕШНЕГО ДЕЙСТВИЯ В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ ОТНОСЯТСЯ:**

1) Системы перемещения (автомобиль, транспортер, домкрат и т. п.).

2) Системы обработки (токарный станок, пресс, противообледенительная система и т. п.).

3) Системы разделения (фильтр, сепаратор и т. п.).

4) Системы регулирования (кран, латр, выключатель и т. п.).

5) Системы активной защиты (электростатическая защита от заряженных частиц, рассеивающая нейтронная защита и т. п.).

3. Выберите из указанных в форме 1 вариантов функций проектируемой системы ту, которую (предположительно) наиболее просто реализовать с помощью технических средств.

Результат запишите в форму 1, поставив в клетку, которая соответствует выбранной функции, знак «+».

4. Сформулируйте условия задачи формирования принципов действия.

Для этого надо записать в соответствующие разделы формы 2 компоненты функции проектируемой системы (см. ф. 1), используя для этого термины языка описания эффектов (см. приложение 1).

Ф. 2.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ

ДАНО: 1) проектируемая система — ... ;

2) среда и цель функционирования проектируемой системы:
 $I_1 P_1 \theta_1 \rightarrow I_2 P_2 \theta_2$.

θ_1 — ...

θ_2 — ...

P_1 — ...

P_2 — ...

НАЙТИ: варианты принципа действия системы, выполняющую заданную функцию.

Здесь $I_2P_2\theta_2$ — желательное изменение параметра объекта (см. 1-ую строку ф. 1); $I_1P_1\theta_1$ — существующее (наблюдаемое) изменение параметров объектов (см. 1-ый столбец ф. 1).

Вместо точек записывают естественязыковые имена проектируемой системы, объектов и параметров.

5. Определите способ решения рассматриваемой задачи, руководствуясь при этом следующими правилами.

1) Если исходные данные рассматриваемой задачи определены в полном объеме ($I_1P_1\theta_1 \rightarrow I_2P_2\theta_2$), то для ее решения лучше использовать прямой способ.

2) Если в исходных данных рассматриваемой задачи не определена компонента «цель функционирования» ($I_1P_1\theta_1 \rightarrow \emptyset$), то для ее решения можно использовать только прямой способ.

3) Если в исходных данных рассматриваемой задачи не определена компонента «среда функционирования» ($\emptyset \rightarrow I_2P_2\theta_2$), то для ее решения можно использовать только обратный способ.

Результат запишите в форму 3.

Ф. 3.

СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ — С

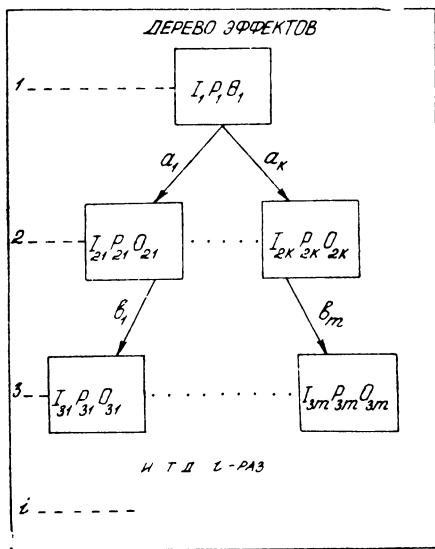
Здесь С — «прямой» или «обратный».

6. Задайте максимально допустимое число эффектов в иско-
мых вариантах принципа действия.

Результат запишите в форму 4.

Ф. 4.

$i = \dots$



Ф. 5а.

7. Определите группу одно-
причинных / односледственных
эффектов, руководствуясь при
этом следующими правилами.

1) Если используется пря-
мой способ решения, то иско-
мую группу образуют эффек-
ты, причины которых совпада-
ют с текущим значением СРЕ-
ДЫ.

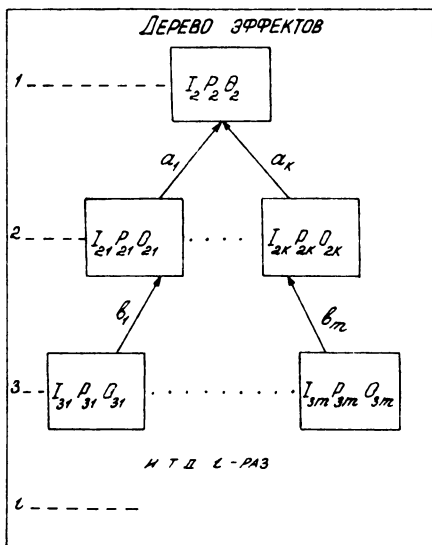
2) Если используется об-
ратный способ решения, то ис-
комую группу образуют эф-
фекты, следствие которых со-
падают с текущим значением
ЦЕЛИ.

3) В первом случае искомую группу эффектов выбирают из приложения 2, а во втором случае — из приложения 3.

Ф. 5b.

Результат запишите в соответствии с формой 5а (если используется прямой способ решения) или 5б (если используется обратный способ решения).

Здесь 1, ..., i — номера уровней дерева эффектов: $I_1 P_1 \theta_1$, $I_2 P_2 \theta_2$ — соответственно среда и цель функционирования проектируемой системы; $I_{21} P_{21} O_{21}$, ..., $I_{2k} P_{2k} O_{2k}$, ..., $I_{31} P_{31} O_{31}$, ..., $I_{3m} P_{3m} O_{3m}$, ... — причины и следствия эффектов; a_1 , ..., a_k , b_1 , ..., b_m , ... — номера эффектов.



▲ В СЛУЧАЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЯМОГО СПОСОБА РЕШЕНИЯ.

При первом выполнении операции 7 заполняются 1-й и 2-й уровни дерева эффектов. При этом текущее значение СРЕДЫ совпадает со средой функционирования проектируемой системы.

В дальнейшем последовательно заполняются 3, 4, ..., i -й уровни дерева эффектов. При этом за текущее значение СРЕДЫ поочередно принимаются следствия эффектов, найденных на предыдущих шагах решения задачи. Кроме тех, которые совпадают с целью функционирования проектируемой системы.

▲ В СЛУЧАЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБРАТНОГО СПОСОБА РЕШЕНИЯ.

При первом выполнении операции 7 заполняются 1-й и 2-й уровни дерева эффектов. При этом, текущее значение ЦЕЛИ совпадает с целью функционирования проектируемой системы.

В дальнейшем последовательно заполняются 3, 4, ..., i -й уровни дерева эффектов. При этом за текущее значение ЦЕЛИ поочередно принимаются причины эффектов, найденных на предыдущих шагах решения задачи. Кроме тех, которые совпадают со средой функционирования проектируемой системы.

▲ При решении неопределенных задач некоторые ветви деревьев могут состоять из менее чем i эффектов (см. п. 4). Это связано с тем, что принцип действия, удовлетворяющий требованиям соответствующей проблемной ситуации, сформирован раньше, чем это предполагалось. Последняя вершина в подобной цепи отмечается значком «*».

- Если число уровней в дереве (см. Ф. 5) меньше i , ■
 ■ то повторить операцию 7. ■

8. Определите группы номеров эффектов, образующие искомые принципы действия. При этом надо руководствоваться следующими правилами.

1) Если исходные данные решаемой задачи определены в полном объеме, то искомые группы номеров указаны возле ребер дерева эффектов, соединяющих первую вершину « $I_1P_1\theta_1$ » и вершины, вида « $I_2P_2\theta_2$ ».

2) Если исходные данные решаемой задачи определены частично, то искомые группы номеров указаны возле ребер дерева эффектов, соединяющие первую вершину с конечными.

Результат запишите в форму 6.

НОМЕРА ЭФФЕКТОВ, ОБРАЗУЮЩИЕ ИСКОМЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ

ПД1: — — —;

ПД2: — — —;

ПД_k: · · · · ·

Здесь ПД — принцип действия; 1, 2, ..., k — номера вариантов принципа действия проектируемой системы; вместо черточек записываются номера эффектов, образующих соответствующие принципы действия.

■ Если дерево эффектов (см. Ф. 5) не содержит искомых ■
 ■ принципов действия, то при заданном i данная задача не ■
 ■ имеет решения. Надо перейти либо к операции 6, либо к ■
 ■ операции 3. ■

9. Оформите результат решения задачи, исключая из него противоречивые принципы действия.

Для этого запишите формулу и словесное описание эффектов (см. приложение 4), образующих принципы действия (ПД1, ..., ПД_k), в разделы А формы 7.

▲ К противоречивым относится принцип действия:

— содержащий два эффекта с литерами $o1$ и $o2$ ($o2$, $o1$), между которыми нет эффекта (эффектов) с литерой D ;

— содержащий два эффекта с литерами $p1$ и $p2$ ($p2$, $p1$), между которыми нет других эффектов (не путать с правилами отождествления);

— содержащий два эффекта с несовместимыми условиями реализации, между которыми нет эффекта (эффектов) с литерой D ;

— содержащий два правила, устанавливающих тождественность различных объектов, между которыми нет эффекта (эффектов) с литерой D .

▲ При построении графической иллюстрации принципа действия из описаний образующих его эффектов, выделяют следующие сведения:

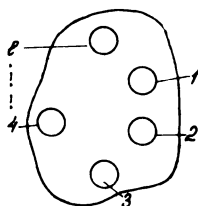
- перечень, указанных в них объектов;
- форму объектов (если в формуле эффекта данный параметр не указан, то упоминаемые в ней объекты могут иметь любую форму);
- значения конструктивных параметров объектов;
- взаимное расположение объектов в пространстве.

Ф. 7.

А. К-ый ВАРИАНТ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ

.....

Б. ГРАФИЧЕСКАЯ ИЛЛЮСТРАЦИЯ К-ого ВАРИАНТА ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ.



1 — (указывается имя первого элемента).

.....

l — (указывается имя l-го элемента).

- Если решение данной задачи найти не удалось или ■
- оно не удовлетворяет вас, то перейти к операции 3. ■

* * *

Рассмотрим теперь особенности применения этого алгоритма на примерах разрешения проблемных ситуаций 1÷3, сопровождая результаты выполнения его операций необходимыми пояснениями.



ПРИМЕР 1.

1. ВАРИАНТЫ ФУНКЦИЙ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ.

«С» \ «Ц»	1. Удалить лед, выросший на проводах ЛЭП	2. Снизить объем осадков
1. Переменный электрический ток, текущий в проводах ЛЭП	+	

2. УСЛОВИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ.

ДАНО: 1) проектируемая система — противообледенительное устройство;

2) среда и цель функционирования проектируемой системы: $3I4X1 \rightarrow 2P2X$

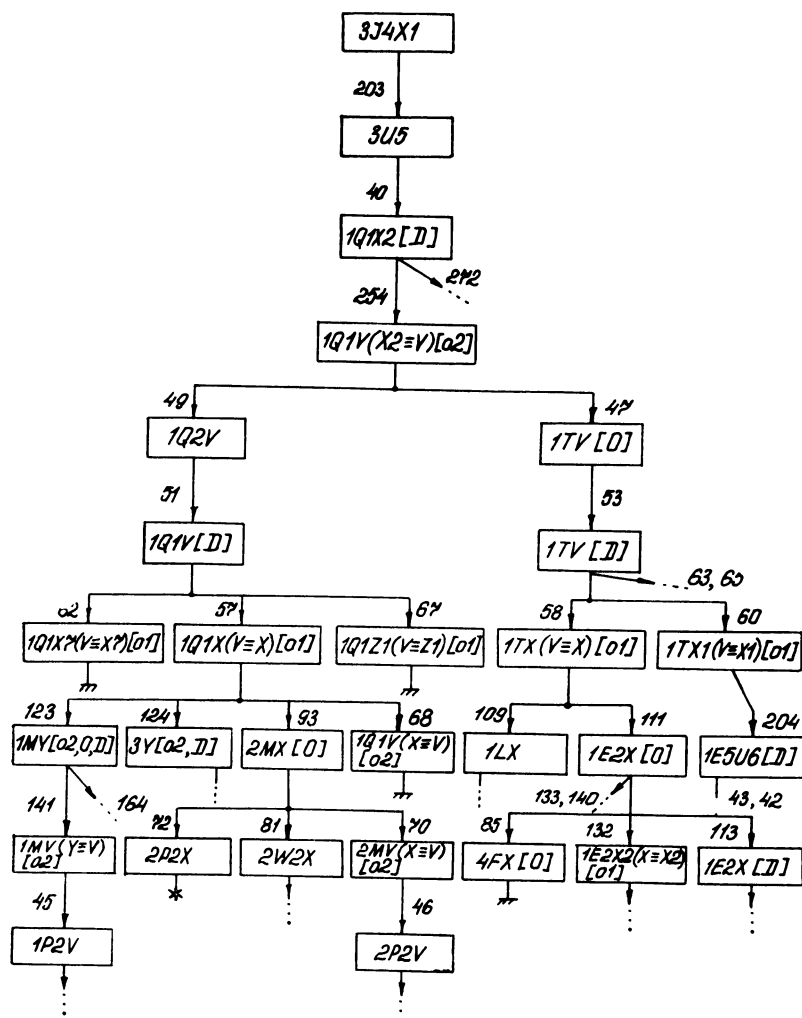
НАЙТИ: варианты принципа действия проектируемой системы.

▲ $I4$ — сила переменного электрического тока, текущего в проводах ЛЭП; $X1$ — проводник (провод ЛЭП); $P2$ — вес льда, выросшего на проводах ЛЭП; X — твердое тело (лед, выросший на проводах ЛЭП).

3. СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ — прямой.

4. $i=10$.

5. ДЕРЕВО ЭФФЕКТОВ



▲ Здесь и далее знаки $\circ$! $\downarrow$ имеют, соответственно, следующий смысл «построение дерева эффектов в этом направлении приводит к противоречиям», «построение дерева эффектов в этом направлении в данном случае не приводится», «в рамках данного массива эффектов построение дерева в этом направлении невозможно».

6. НОМЕРА ЭФФЕКТОВ, ОБРАЗУЮЩИЕ ИСКОМЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ ПД: 203, 40, 254, 49, 51, 57, 93, 72.

7. 1-й ВАРИАНТ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
203. 3J4X1 → 3U5

Наличие в проводнике ($X1$) переменного электрического тока силой $J4$, приводит к проявлению переменного магнитного поля ($U5$).

40. $3U5 \rightarrow 1Q1X2$ ($X2 \neq U5$) [Д]

Наличие переменного магнитного поля ($U5$) приводит к увеличению количества тепла, подводимого к ферромагнетику ($Q1X2$), при условии, что он находится в магнитном поле.

254. $1Q1X2 \equiv 1Q1V$ ($X2 \equiv V$) [о2]

Увеличение количества тепла подводимого к ферромагнетику ($Q1X2$) можно рассматривать как увеличение количества тепла, подводимого к некоторому веществу.

49. $1Q1V \rightarrow 1Q2V$ ($cV=3$)

Увеличение количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), приводит к увеличению отводимого от него количества тепла ($Q2V$) при условии, что характеристика теплообмена (c) вещества равна 3.

51. $1Q2V' \rightarrow 1Q1V''$ ($V' \dots V''$) [Д]

Увеличение количества тепла, отводимого от вещества 1 ($Q2V'$), приводит к увеличению количества тепла, подводимого к веществу 2 ($Q1V''$), при условии, что вещество 1 контактирует с веществом 2.

57. $1Q1V \equiv 1Q1X$ ($V \equiv X$) [о1]

Увеличение количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), можно рассматривать как увеличение количества тепла, подводимого к твердому телу ($Q1X$), при условии, что вещество является твердым телом.

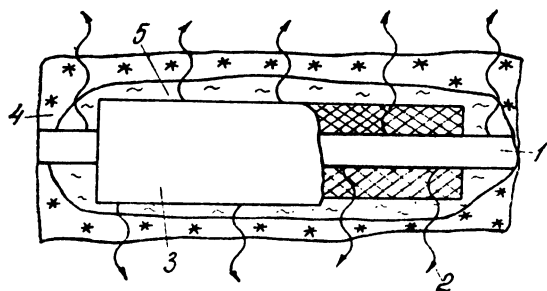
93. $1Q1X \rightarrow 2MX$ ($TX=T2X$, $cX=1$) [О]

Увеличение количества тепла подводимого к твердому телу ($Q1X$) приводит к уменьшению его массы (M) при условии, что: 1) температура (T) твердого тела равна температуре его плавления ($T2$); 2) характеристика теплообмена твердого тела (c) равна 1.

72. $2MX \rightarrow 2P2X$ ($X \neq U10$)

Уменьшение массы (M) твердого тела (X) приводит к уменьшению его веса при условии, что твердое тело находится в гравитационном поле ($U10$).

Б. ГРАФИЧЕСКАЯ ИЛЛЮСТРАЦИЯ 1-го ВАРИАНТА ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА



1 — провод ЛЭП ($X1$);
2 — переменное магнитное поле ($U5$); 3 — ферромагнетическая втулка ($X2$); 4 — лед (X); 5 — вода, появившаяся в результате таяния льда [6].

ПРИМЕР 2

1. ВАРИАНТЫ ФУНКЦИЙ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ.

«Ц»	Увеличить расход жидкости
«С»	
Ø	+

▲ Очевидно, что процесс регулирования жидкости требует затрат энергии. Однако в тексте рассматриваемой проблемной ситуации не содержится никаких сведений относительно ее вида, поэтому в данном случае среда функционирования регулятора неопределена (Ø).

▲ Надо отметить, что результатом функционирования проектируемого регулятора является как увеличение, так и уменьшение расхода жидкости. Поэтому, найдя принцип действия регулятора, с помощью которого можно увеличивать расход жидкости, надо проверить нельзя ли с его помощью обеспечить также уменьшение этой характеристики. Если это невозможно, то необходимо решить обратную задачу: ... $\rightarrow 2GY$. Объединение результатов решения исходной и обратной задачи позволит сформировать искомый принцип действия.

2. УСЛОВИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ.

ДАНО: 1) проектируемая система — регулятор расхода жидкости;

2) среда и цель функционирования проектируемой системы: Ø $\rightarrow 1GY$.

НАЙТИ: варианты принципа действия проектируемой системы.

▲ G — расход; Y — жидкость.

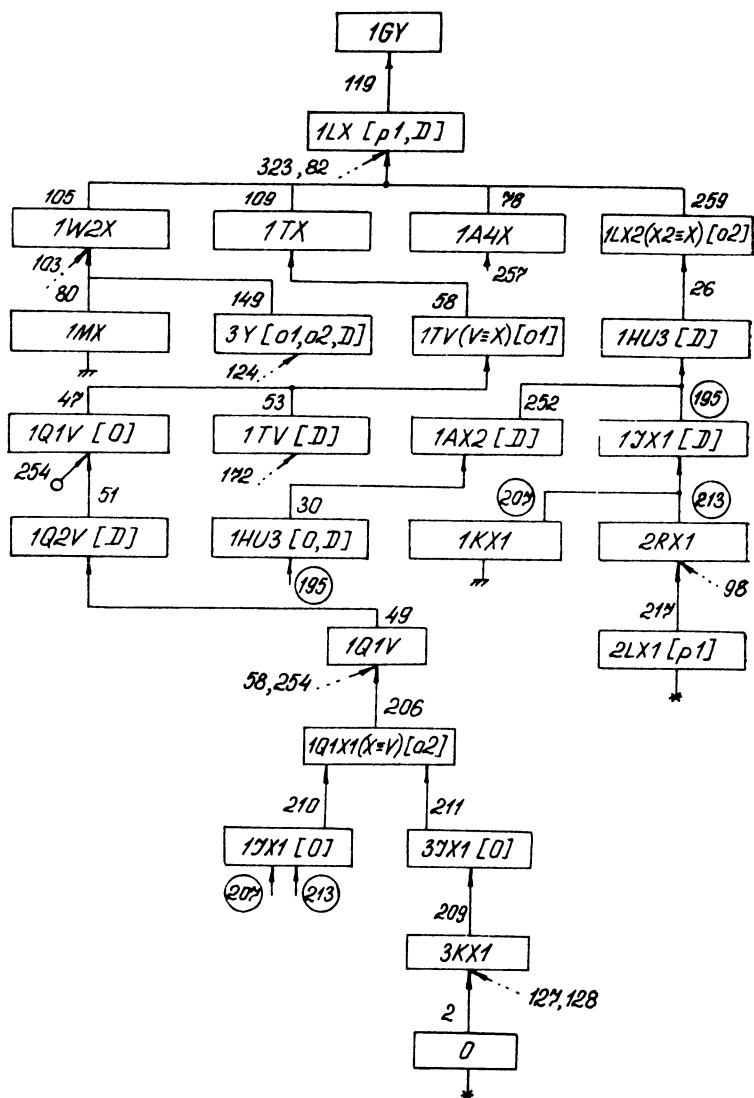
3. СПОСОБ РЕШЕНИЯ — обратный.

4. $i=15$.

▲ Использование здесь номеров эффектов, заключенных в кружки (например, 195), означает, что следующая ниже «ветвь» дерева повторяется в какой-либо другой его части (см. ниже).

▲ Данное дерево эффектов содержит 7 вариантов принципа действия регулятора расхода жидкости. Далее рассматриваются только те из них, которые имеют наиболее простую техническую реализацию (см. ниже).

5. ДЕРЕВО ЭФФЕКТОВ



6. НОМЕРА ЭФФЕКТОВ, ОБРАЗУЮЩИЕ ИСКОМЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ

ПД1: 217, 213, 195, 26, 259, 119.

ПД2: 2, 209, 211, 206, 49, 51, 47, 58, 109, 119.

7. 1-й ВАРИАНТ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ЖИДКОСТИ

217. 2LX1 → 2RX1 [p1]

Уменьшение некоторого линейного размера (L) проводника ($X1$) приводит к уменьшению его сопротивления (R).

$\sim L$ — длина проводника.

213. $2RX1 \rightarrow 1JX1$ ($KX1 > 0$, $5KX1$)

Уменьшение сопротивления (R) проводника ($X1$) приводит к увеличению в нем силы электрического тока (J) при условии, что: 1) электрическое напряжение (K) в проводнике больше 0; 2) электрическое напряжение в проводнике уменьшается или постоянно.

195. $1JX1 \rightarrow 1HJ3$ [Д]

Увеличение силы электрического тока (J), текущего в проводнике ($X1$), приводит к увеличению напряженности (H) магнитного поля ($U3$).

26. $1HJ3 \rightarrow 1LX2$ ($X2 \neq U3$, $sX2 \geq 2$) [Д]

Увеличение напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению линейного размера (L) ферромагнетика ($X2$) при условии, что: 1) ферромагнетик находится в магнитном поле; 2) степень фиксации (s) ферромагнетика больше или равна 2.

259. $1LX2 \equiv 1LX$ ($X2 \equiv X$) [о2]

Увеличение линейного размера (L) ферромагнетика ($X2$) можно рассматривать как увеличение линейного размера некоторого твердого тела (X).

119. $1LX \rightarrow 1GY$ ($Y \neq X$, $WY > WX$, $FX = 5$, $5WY$) [р1, Д]

Увеличение некоторого линейного размера (L) твердого тела приводит к увеличению расхода (G) жидкости (Y) при условии, что: 1) твердое тело — трубка ($FX = 5$); 2) L — внутренний диаметр трубки; 3) жидкость течет внутри трубки; 4) скорость (W) жидкости увеличивается или постоянна.

Б. ГРАФИЧЕСКАЯ ИЛЛЮСТРАЦИЯ 1-го ВАРИАНТА ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ЖИДКОСТИ

1 — электрическая цепь из катушки и остатата ($X1$); 2 — трубка; 3 — магнитопровод; 4 — магнитное поле ($U3$); 5 — ферромагнитная вставка ($X2$); 6 — жидкость (Y); J — электрический ток; $\rightarrow$ — направление течения жидкости.

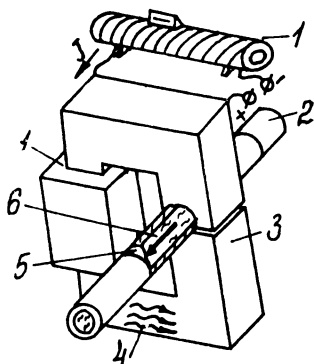
2-й ВАРИАНТ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ЖИДКОСТИ

2. $0 \rightarrow 3KX1$ ($X1 + S5$)

Наличие электрического напряжения (K) в проводнике ($X1$) наблюдается при том условии, что проводник подключен к клеммам источника электроэнергии ($S5$).

209. $3KX1 \rightarrow 3JX1$

Наличие электрического напряжения (K) в проводнике ($X1$) приводит к появлению в нем электрического тока силой J .



211. $3JX1 \rightarrow 1Q1X1$ [O]

Наличие в проводнике ($X1$) электрического тока силой J приводит к увеличению подводимого к нему количества тепла ($Q1X1$).

206. $1Q1X1 \equiv 1Q1V$ ($X1 \equiv V$) [o2]

Увеличение количества тепла, подводимого к проводнику ($Q1X1$), можно рассматривать как увеличение количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$).

49. $1Q1V \rightarrow 1Q2V$ ($cV=3$)

Увеличение количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), приводит к увеличению отводимого от него количества тепла ($Q2V$) при условии, что характеристика теплообмена (c) вещества равна 3.

51. $1Q2V' \rightarrow 1Q1V''$ ($V' \rightarrow V''$) [Д]

Увеличение количества тепла, отводимого от вещества 1 ($Q2V'$), приводит к увеличению количества тепла, подводимого к веществу 2 ($Q1V''$), при условии, что вещество 1 контактирует с веществом 2.

47. $1Q1V \rightarrow 1TV$ ($cV=1$) [O]

Увеличение количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), приводит к увеличению его температуры (T) при условии, что характеристика теплообмена (c) вещества равна 1.

58. $1TV \equiv 1TX$ ($V \equiv X$) [o1]

Увеличение температуры (T) вещества (V) можно рассматривать как увеличение температуры твердого тела (X) при условии, что вещество является твердым телом.

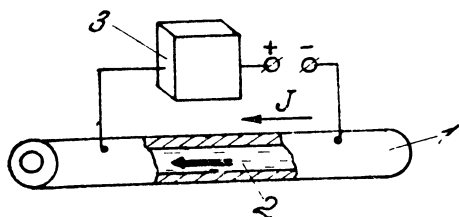
109. $1TX \rightarrow 1LX$ ($sX \geq 2$)

Увеличение температуры (T) твердого тела (X) приводит к увеличению его линейного размера (L) при условии, что степень фиксации (s) твердого тела больше или равна 2.

119. $1LX \rightarrow 1GY$ ($Y \neq X$, $WY > WX$, $FX=5$, $5WY$) [p1, Д]

Увеличение некоторого линейного размера (L) твердого тела приводит к увеличению расхода (G) жидкости (Y) при условии, что: 1) твердое тело — трубка ($FX=5$); 2) L — внутренний диаметр трубки; 3) жидкость течет внутри трубки; 4) скорость (W) жидкости увеличивается или постоянна.

Б. ГРАФИЧЕСКАЯ ИЛЛЮСТРАЦИЯ 2-го ВАРИАНТА ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРА ЖИДКОСТИ



1 — трубка из токопроводящего материала*; 2 — жидкость (Y); 3 — регулятор частоты электрических импульсов; J — электрический ток; $\rightarrow$ — направление течения жидкости [10].

* В данном случае представлена конструкция, в которой проводник ($X1$) и твердое тело (X) объединены в один элемент — трубку из токопроводящего материала.

▲ Последний принцип действия содержит эффекты 211 и 47, которые не имеют противоположных. Поэтому с помощью регулятора, работающего на его основе, можно лишь увеличивать расход жидкости. Для того, чтобы уменьшить эту характеристику надо разомкнуть электрическую цепь «источник электрического напряжения — трубка» (см. эффект 2). Этой цели как раз и служит регулятор частоты электрических импульсов. Увеличивая частоту импульсов можно увеличивать расход жидкости, а уменьшая ее, — уменьшить данную характеристику жидкости.



* * *

ПРИМЕР 3

1. ВАРИАНТЫ ФУНКЦИЙ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ.

«Ц» «С»	Ø
Увеличение в термопластмассе механического напряжения	+

▲ Очевидно, что устранение проблемной ситуации 3 предполагает использование некоторой измерительной системы. В подобных случаях в условиях задачи в качестве «среды функционирования» выбирается измеряемый фактор — прямой или косвенный. Здесь предлагается измерять скорость роста механического напряжения в объеме термопластмассы, что позволит судить о процессах ее отверждения. При этом пластмасса рассматривается как некоторое твердое тело.

▲ При формировании принципов действия измерительных систем в качестве «цели функционирования» выбирается тот фактор, на основании которого предлагается судить об исследуемом процессе. Обычно, его выбор определяется требованиями предъявляемыми к форме конечного сигнала. Например,

на выходе измерительной системы необходимо получить электрический сигнал. Кроме этого на выбор указанного фактора влияет перечень разрешенных к применению конечных приборов, например, амперметр, магнитометр, термометр и т. п. Когда указанные ограничения отсутствуют или их определение затруднено, то в исходных данных задачи формирования принципов действия измерительных систем «цель функционирования» может остаться неопределенной.

2. УСЛОВИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ.

ДАНО: 1) проектируемая система — устройство фиксирования момента отверждения изделий из термопластмассы;

2) среда и цель функционирования проектируемой системы: $1E2X \rightarrow \emptyset$.

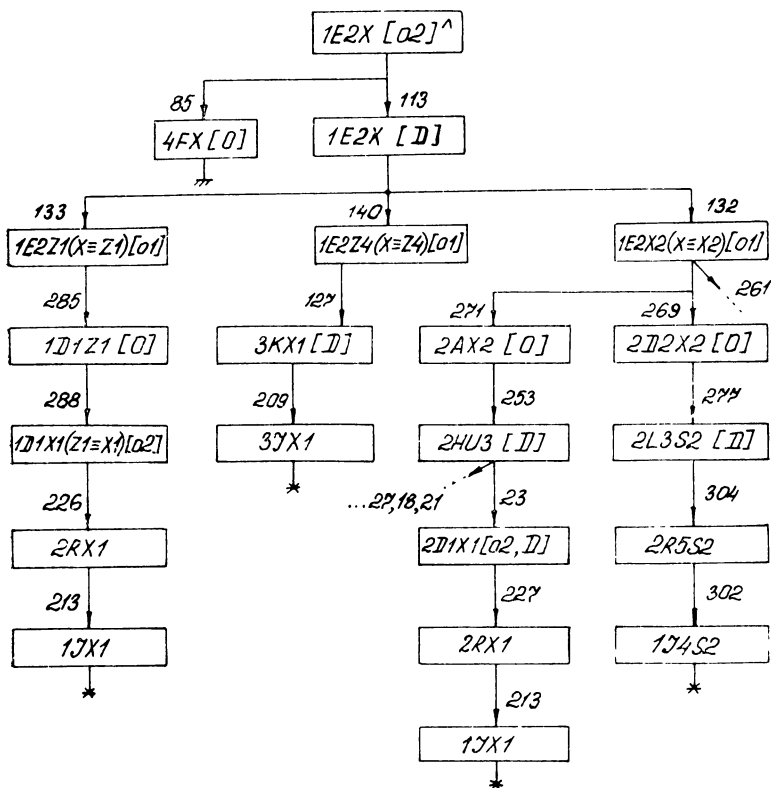
НАЙТИ: варианты принципа действия проектируемой системы.

▲ $E2$ — (механическое) напряжение сжатия; X — некоторое твердое тело.

3. СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ — прямой.

4. $i=10$.

5. ДЕРЕВО ЭФФЕКТОВ



▲ ~ Использование в данном случае литеры $o2$ означает, что объект X нелюбой, а некоторый. Если бы применялся обратный способ решения задачи, то вместо литеры $o2$ надо было записать литеру $o1$.

▲ Дерево эффектов содержит 4 принципа действия. Все они предполагают включение в термопластмассу чувствительных элементов измерительной системы. Далее рассматриваются только те принципы действия, которые позволяют проводить процесс измерения без непосредственного контакта между указанными элементами и основной частью измерительной системы.

6. НОМЕРА ЭФФЕКТОВ, ОБРАЗУЮЩИЕ ИСКОМЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ

ПД1: 113, 132, 271, 253, 23, 227, 212.

ПД2: 113, 132, 269, 277, 304, 302.

7. 1-й ВАРИАНТ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ МОМЕНТА ОТВЕРЖДЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕРМОПЛАСТМАССЫ

113. $1E2X' \rightarrow 1E2X''$ ($X' \rightarrow X''$, $sX' = 1$, $sX'' = 1$) [Д]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в твердом теле 1 (X') приводит к увеличению напряжения сжатия твердого тела 2 (X'') при условии, что: 1) твердое тело 1 контактирует с твердым телом 2; 2) степень фиксации (s) твердого тела 1 и 2 равна 1.

132. $1E2X \equiv 1E2X2$ ($X \equiv X2$) [o1]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в твердом теле (X) можно рассматривать как увеличение напряжения сжатия в ферромагнетике ($X2$) при условии, что твердое тело является ферромагнетиком.

271. $1E2X2 \rightarrow 2AX2$ [O]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) ферромагнетика ($X2$) приводит к уменьшению его намагниченности (A).

253. $2AX2 \rightarrow 2HU3$

Уменьшение намагниченности (A) ферромагнетика ($X2$) приводит к уменьшению напряженности (H) магнитного поля ($U3$).

23. $2HU3 \rightarrow 2D1X1$ ($X1 \neq U3$) [o2, Д]

Уменьшение напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к уменьшению удельного сопротивления ($D1$) некоторого проводника ($X1$) ~ при условии, что он находится в магнитном поле*.

~ Наиболее сильно данный эффект проявляется у висмута, кремния и германия.

* Угол между вектором напряженности магнитного поля и направлением измерения удельного сопротивления не равен 0.

227. $2D1X1 \rightarrow 2RX1$

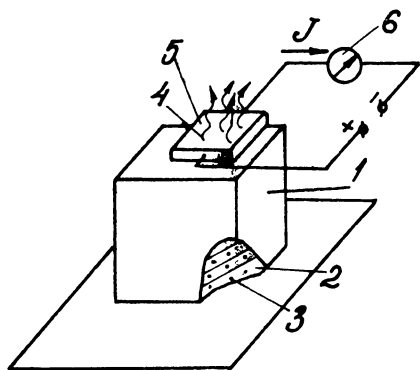
Уменьшение удельного сопротивления ($D1$) проводника ($X1$) приводит к уменьшению его электрического сопротивления (R).

213. $2RX1 \rightarrow 1JX1$ ($KX1 \geq 0$, $5KX1$)

Уменьшение сопротивления (R) проводника ($X1$) приводит к увеличению в нем силы электрического тока (J) при условии, что: 1) электрическое напряжение (K) в проводнике больше 0; 2) электрическое напряжение в проводнике увеличивается или постоянно.

Б. ГРАФИЧЕСКАЯ ИЛЛЮСТРАЦИЯ 1-го ВАРИАНТА ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ МОМЕНТА ОТВЕРДЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕРМОПЛАСТМАССЫ

1 — изделие из пластмассы, 2 — термопластмасса (X'), 3 — ферромагнитные частицы ($X2$), 4 — магнитное поле ($U3$), 5 — электрическое сопротивление ($X1$), 6 — амперметр, J — электрический ток.



2-й ВАРИАНТ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ МОМЕНТА ОТВЕРДЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕРМОПЛАСТМАССЫ

113. $1E2X' \rightarrow 1E2X''$ ($X' \rightarrow X''$, $sX' = 1$, $sX'' = 1$) [Д]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в твердом теле 1 (X') приводит к увеличению напряжения сжатия твердого тела 2 (X'') при условии, что: 1) твердое тело 1 контактирует с твердым телом 2; 2) степень фиксации (s) твердого тела 1 и 2 равна 1.

132. $1E2X \equiv 1E2X2$ ($X \equiv X2$) [о1]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в твердом теле (X) можно рассматривать как увеличение напряжения сжатия в ферромагнетике ($X2$) при условии, что твердое тело является ферромагнетиком.

269. $1E2X2 \rightarrow 2D2X2$ [O]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в ферромагнетике ($X2$) приводит к уменьшению его магнитной проницаемости ($D2$).

277. $2D2X2 \rightarrow 2L3S2$ ($X2 * S2$) [Д]

Уменьшение магнитной проницаемости ($D2$) ферромагнетика ($X2$) приводит к уменьшению индуктивности ($L3$) соленоида ($S2$) при условии, что ферромагнетик является сердечником соленоида.

304. $2L3S2 \rightarrow 2R5S2$

Уменьшение индуктивности ($L3$) соленоида ($S2$) приводит к уменьшению его индуктивного сопротивления ($R5$).

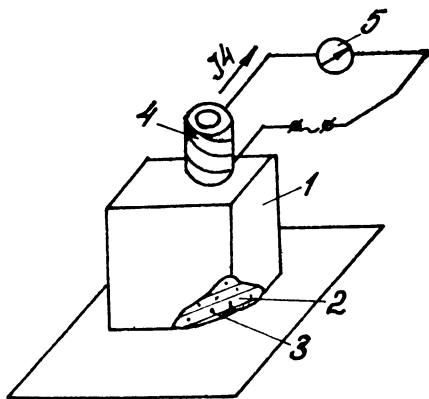
302. $2R5S2 \rightarrow 1J4S2$ ($K6S2 > 0$, $5K6S2$)

Уменьшение индуктивного сопротивления ($R5$) соленоида ($S2$) приводит к увеличению в нем переменного электрического

го тока (J_4) при условии, что: 1) приложенное к соленоиду переменное напряжение (K_6) больше 0; 2) приложенное к соленоиду переменное напряжение увеличивается или постоянно.

Б. ГРАФИЧЕСКАЯ ИЛЛЮСТРАЦИЯ 2-го ВАРИАНТА ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ МОМЕНТА ОТВЕРЖДЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕРМОПЛАСТМАС-СЫ

1 — изделие из термопластмассы, 2 — термопластмасса (X'), 3 — ферромагнитные частицы (X_2), 4 — соленоид (S_2), 5 — амперметр, J_4 — переменный электрический ток.



▲ Из описания найденных принципов действия следует, что термопластмасса (X') должна находиться в контакте с ферромагнетиком (X_2), при этом последний должен быть жестко фиксирован ($sX_2=1$). Данные условия выполняются в том случае, если ферромагнетик находится внутри детали. Учитывая то, что рассматриваемое изделие изготавливается методом литья, лучше использовать ферромагнитный порошок, который равномерно добавляется в расплавленную пластмассу. Кроме этого, для реализации 1-го варианта, только что сформированную деталь необходимо намагнитить, так как ферромагнитный порошок не имеет собственного магнитного поля.

После включения подобных добавок процесс отверждения пластмассы сопровождается изменением свойств ферромагнитного порошка ($2AX_2$, $2D2X_2$). Завершение этих процессов будет свидетельствовать о том, что термопластмасса отвердела во всем объеме.

* * *

Завершит эту главу подборка учебных проблемных ситуаций*. Попробуйте устранить их с помощью комбинаторного

* Проблемные ситуации 8÷10, 12 разработаны автором книги.



метода. Это поможет вам приобрести начальные навыки применения данного метода в инженерном деле.

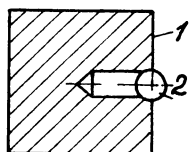
ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 4

Измерение сверхвысоких напряжений и токов в проводниках, находящихся под этим напряжением, представляет собой сложную техническую задачу. Если решать ее традиционными способами, то пришлось бы сооружать конструкции, имеющие изоляцию на полное напряжение; такие этажерки из изоляторов могли бы достигать высоты 10—12 м. Требуется найти простой, дешевый и точный способ измерения сверхвысоких токов [10, с. 110].

Рассмотрите эту проблему отдельно для случая переменного и постоянного тока.

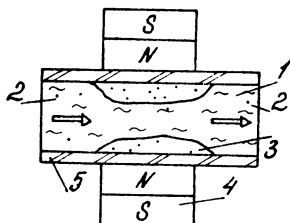
ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 5

В массивном металлическом корпусе 1 прибора имеется отверстие, в которое запрессован стальной шарик 2. Периодически его приходится извлекать, однако сделать это трудно, так как шарик запрессован плотно. Разборные конструкции в данном случае недопустимы. Как быть? [10, с. 101].



ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 6

1 — масло, 2 — отдельные стальные частицы, 3 — «шуба» из стальных частиц, 4 — кольцевой магнит, 5 — трубка.



В некоторых системах смазки для очистки потока масла от попадающих в него частиц стали используют магнитные фильтры.

Работает подобный фильтр следующим образом. Масло, содержащее стальные частицы, прокачивается через кольцевой магнит. Под действием магнитного поля, частицы «прилипают» к участку трубки, находящейся внутри магнита, образуя тем самым своеобразную «металлическую шубу». По мере ее роста число частиц, «перехваченных» магнитным полем, уменьшается, а число отрывающихся от «шубы» — увеличивается. Поэтому

через некоторое время эти процессы приходят в динамическое равновесие и фильтр перестает «задерживать» стальные частицы. После этого надо выключать систему смазки и удалять скопившийся мусор. Ясно, что для выполнения данной операции надо сначала определить момент, когда скопилась «критическая» масса частиц, при которой дальнейшая работа фильтра недопустима. Как это сделать?

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 7

Имеется трубопровод, в котором движется газ. Иногда температура газа неконтролируемо меняется (повышается на $20 \div 30^\circ\text{C}$). С повышением температуры уменьшается его плотность, и, как следствие, падает масса газа, проходящего через трубу в единицу времени. Наиболее простой способ стабилизации расхода газа — установить в трубопроводе регулируемую заслонку. Предложите устройство, позволяющее в данных условиях изменять положение заслонки при изменении температуры газа [11, с. 12].

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 8

При проведении исследования образца материала, например, конструкционной стали на стойкость нейтронному облучению, необходимо знать, какую энергию он поглощает в установленный период времени. Использование в этом случае балансного метода «энергия источника» — «энергия прошедшего через образец» не позволяет получить необходимой точности измерения. Как быть?

▲ Учитывая особенности проведения указанных исследований, желательно, чтобы на выходе разрабатываемой измерительной системы был электрический сигнал.

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 9

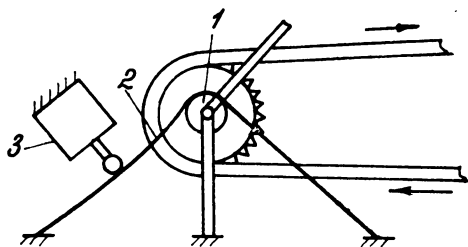
На первый взгляд кажется, что определение веса твердого тела не должно вызывать больших трудностей. В настоящее время известны весы самых различных конструкций с широким диапазоном характеристик. Однако произвести взвешивание микроскопических частиц вещества (тысячные доли миллиграмма) — даже при современном уровне техники не так просто.

Необходимо найти варианты принципа действия микровесов.

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 10

Одно из требований, предъявляемое к велотренажеру для спортсменов состоит в необходимости менять по заданной про-

грамме тормозной момент на его валу. В настоящее время для этих целей обычно используют устройство регулирующее силу натяжения металлической ленты, которая, в этом случае, выполняет роль тормозной колодки.

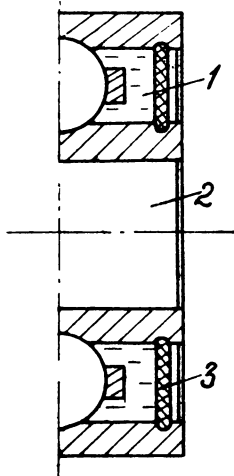


1 — вал тренажера, 2 — металлическая лента, 3 — регулятор натяжения ленты.

Предложите устройство, регулирующее тормозной момент на валу тренажера, работающее на других — «немеханических» принципах.

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 11

При проведении профилактического ремонта комбайнов одной из частоповторяющихся операций является замена смазки 1 в подшипниках 2.



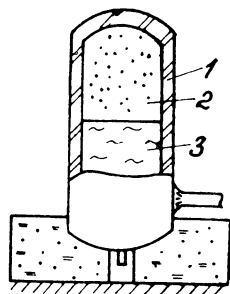
Это вызвано тем, что при работе комбайна, находящаяся в подшипниках смазка частично вытекает и засоряется. Поэтому, периодически приходится проводить их профилактический ремонт: снять подшипник с комбайна, вынуть из него (хотя бы один) вкладыш 3, промыть, заправить новую смазку, после чего поставить вкладыш на место. Наиболее «неудобной» операцией в этой технологии является извлечение вкладыша. Обычно его просто выковыривают с помощью какого-либо острого предмета, например, отвертки. При этом очень часто вкладыш ломается, а заменить его обычно нечем.

Предложите способ извлечения вкладыша из подшипника, который можно было бы применить в условиях сельхозмастерской.

ПРОБЛЕМНАЯ СИТУАЦИЯ 12

В гидравлических прессах в качестве аккумулятора энергии используется баллон 1, заполненный газом 2 под высоким давлением и рабочей жидкостью 3 (обычно это масло).

В течение одного цикла работы пресса масло из бака сначала подается в гидравлическую систему, а затем перекачивается назад в бак. При этом, некоторая часть масла из-за всевозможных протечек безвозвратно теряется. Следовательно, в процессе работы пресса количество масла в баке уменьшается. Так как потери масла за один цикл невелики, то эксплуатация пресса может продолжаться длительный период — до тех пор пока



количество масла в баке не уменьшится до некоторой предельной величины. После этого работа пресса должна быть прекращена.

Как определить количество масла в герметичном сосуде, толщина стенок которого достигает 10 см?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В конце этой книги хотелось бы остановиться на перспективе развития комбинаторного метода.

Очевидно, что эффективность предлагаемого метода в первую очередь зависит от числа эффектов, образующих его базу знаний. Чем их больше, тем более широкий круг практических задач можно решить с его помощью. При этом каждое из найденных решений будет содержать более широкий спектр вариантов искомого принципа действия.

Надо отметить, что при наличии желания читатель может самостоятельно продолжить развитие предложенного здесь массива эффектов; в данной книге имеются все необходимые для этого сведения.

Однако, этот путь совершенствования комбинаторного метода в рамках предложенной концепции имеет естественное ограничение. По мере роста его базы знаний эффективность использования «ручного» алгоритма формирования принципов действия снижается. Как показывают предварительные исследования уже при манипулировании массивом, содержащим всего 1000 эффектов, получается столь разветвленное дерево, что у человека его анализ вызывает явное затруднение. Учитывая, что база знания комбинаторного метода может состоять из десятков, а возможно и сотен тысяч эффектов, то нетрудно прийти к выводу о необходимости автоматизации процесса формирования принципов действия.

В этом направлении уже сейчас получены обнадеживающие результаты — разработана экспертная система ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ. Она помогает пользователю сформулировать условия поисковой задачи и через некоторое время предлагает ему несколько вариантов принципа действия проектируемой технической системы.

В последнюю версию этой компьютерной системы включен массив, состоящий из более 1000 эффектов, а также сервисные программы постановки задачи формирования принципов действия и редактирования результатов ее решения. Кроме этого экспертная система ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ может использоваться для формирования перечней односледственных и однопричинных эффектов.

Все, кто хотел бы получить более подробную информацию относительно экспертной системы ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, могут обращаться по адресу: 119048, Москва, а/я 453, НТК «Метод» тел.: 245-43-07, 245-46-23, телекс: 411700 «Эвро»; факс: 200-22-16 «Эвро».

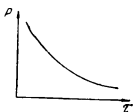
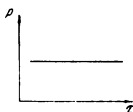
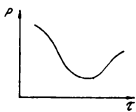


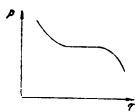
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ЯЗЫКА ОПИСАНИЯ ЭФФЕКТОВ

1. ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗНАКИ

Таблица 1

1.1. НАПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ

Название	Символическое имя	Пояснение
Увеличение значений параметра	1	
Уменьшение значений параметра	2	
Наличие ненулевого постоянного значения параметра	3	
Произвольное изменение значений параметра	4	
Увеличение или наличие ненулевого постоянного значения параметра	5	

Название	Символическое имя	Пояснение
Уменьшение или наличие ненулевого постоянного значения параметра	6	

P — параметр; τ — время.

1.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица 2

1.2.1. Параметры, используемые в механике

Естественнорусское имя	Размерность в системе СИ	Символическое имя
Вес	кгс	$P2$
Вязкость (динамическая)	кг/м·с	$A2$
Коэффициент трения	—	$B5$
Кривизна поверхности	рад/м	$H7$
Масса	кг	M
Модуль упругости	Н/м ²	$A4$
Момент трения	Н·м	$M5$
Напряжение растяжения	Н/м ²	$E1$
Напряжение сжатия	Н/м ²	$E2$
Объем	м ³	$W2$

Естественнoязыковое имя	Размерность в системе СИ	Символическое имя
Плотность	кг/м ³	<i>R1</i>
Положение	—	<i>P7</i>
Размер (линейный)	м	<i>L</i>
Расход (массовый)	кг/с	<i>G</i>
Сила	Н	<i>N</i>
Сила трения	Н	<i>M4</i>
Скорость линейная	м/с	<i>W</i>
Скорость угловая	рад/с	<i>W1</i>
Форма	—	<i>F</i>

Таблица 3

1.2.2. Параметры, используемые в теплотехнике

Естественнoязыковое имя	Размерность в системе СИ	Символическое имя
Давление	Н/м ²	<i>P</i>
Отводимое количество тепла	Дж	<i>Q1</i>
Подводимое количество тепла	Дж	<i>Q2</i>
Температура	°К	<i>T</i>
Температура плавления	°К	<i>T2</i>
Температура кипения или конденсации	°К	<i>T3</i>
Температура отвердения	°К	<i>T6</i>
Температура точки Кюри	°К	<i>T4</i>
Теплопроводность	Вт/м·град.	<i>L1</i>

Таблица 4

1.2.3. Параметры, используемые в электротехнике

Естественнорусское имя	Размерность в системе СИ	Символическое имя
Градиент напряженности магнитного поля	A/m^2	<i>G7</i>
Градиент напряженности электрического поля	B/m^2	<i>G6</i>
Диэлектрическая проницаемость	—	<i>C3</i>
Концентрация электролита	кг/л	<i>C7</i>
Магнитная проницаемость (отн.)	—	<i>D2</i>
Напряженность магнитного поля	A/m	<i>H</i>
Напряженность электрического поля	B/m	<i>E</i>
Остаточная намагниченность	A/m	<i>A</i>
Сила переменного электрического тока	<i>A</i>	<i>J4</i>
Сила электрического тока	<i>A</i>	<i>I</i>
Удельное электрическое сопротивление	$Om \cdot m$	<i>R</i>
Электрическая емкость	Φ	<i>C</i>
Электрический заряд	Кл	<i>Q3</i>
Электрическое напряжение	<i>B</i>	<i>K</i>
Электрическое сопротивление	Om	<i>R</i>
Электрическое сопротивление емкостное	Om	<i>R6</i>
Электрическое сопротивление индуктивное	Om	<i>R5</i>

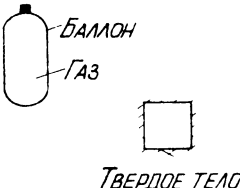
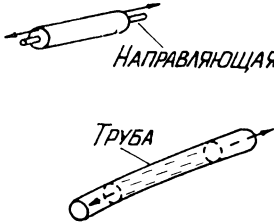
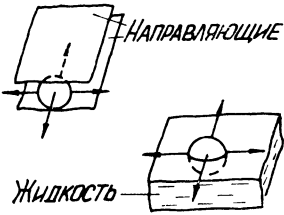
1.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

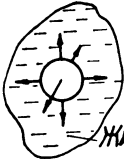
Степень свободы перемещения — a .

Данный параметр характеризует совокупность механических связей, наложенных на объект, которые определяют возможность его перемещения в пространстве.

Таблица 5

Значения степени свободы перемещения

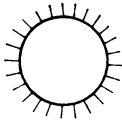
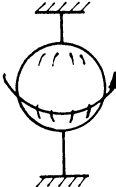
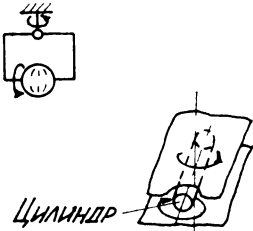
Возможные значения степени свободы перемещения (a)	Примеры
При $a=1$ объект не может перемещаться ни в одном из направлений	
При $a=2$ объект может перемещаться в одном из направлений (по линии)	
При $a=3$ объект может перемещаться в двух направлениях (по плоскости)	

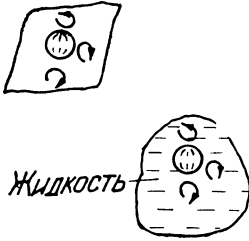
Возможные значения степени свободы перемещения (a)	Примеры
При $a=4$ объект может перемещаться в трех направлениях (в объеме)	 Жидкость

Степень свободы вращения — b .

Данный параметр характеризует совокупность механических связей, наложенных на объект, которые определяют возможность его вращения вокруг фиксированной точки.

Таблица 6

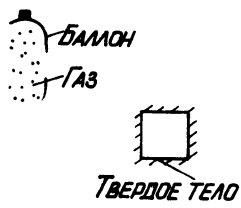
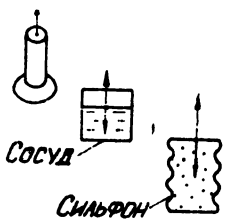
Возможные значения степени свободы вращения (b)	Примеры
При $b=1$ объект не может вращаться вокруг ни одной из осей.	
При $b=2$ объект может вращаться вокруг одной из осей.	
При $b=3$ объект может вращаться вокруг двух осей.	 Цилиндр

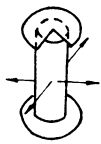
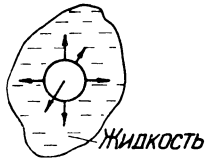
Возможные значения степени свободы вращения (b)	Примеры
При $b=4$ объект может вращаться вокруг трех осей.	

Степень фиксации — s .

Данный параметр характеризует возможность перемещения одной части объекта по отношению к другой, в процессе изменения его линейных размеров или деформации.

Таблица 7

Возможные значения степени фиксации (s)	Примеры
При $s=1$ ни одна часть объекта не может перемещаться по отношению друг к другу его частей.	
При $s=2$ части объекта могут перемещаться в одном направлении.	

Возможные значения степени фиксации (s)	Примеры
При $s=3$ части объекта могут перемещаться в двух направлениях.	
При $s=4$ части объекта могут перемещаться в трех направлениях.	

Характеристика теплообмена — s .

Данный параметр характеризует процесс теплообмена объекта с окружающей средой.

При $s=1$ количество тепла, подводимого к объекту, больше количества отводимого от него тепла; объект поглощает тепло.

При $s=2$ количество тепла, подводимого к объекту, меньше количества отводимого от него тепла; объект отдает тепло.

При $s=3$ количество подводимого и отводимого тепла равны или приблизительно равны; поддерживается тепловое равновесие.

Форма — F

$F=1$ — стержень, проволока, цилиндр;

$F=2$ — пластина;

$F=3$ — шар;

$F=4$ — параллелепипед;

$F=5$ — полый цилиндр, труба;

$F=6$ — замкнутая оболочка;

$F=7$ — полугограниченное тело.

Здесь $1 \div 7$ — значение параметра «форма».

Таблица 8

1.4. ОБЪЕКТЫ И СИСТЕМЫ

Название	Символическое имя
Вещество	V
Газ	Z

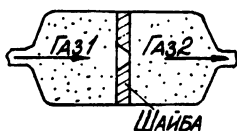
Название	Символическое имя
Диэлектрик	$X7$
Диэлектрик твердый	$Y9$

Название	Символическое имя
Жидкость	Y
Магнитное поле	U3
Магнитное поле неоднородное	U4
Магнитное поле переменное	U5
Металлический проводник	X6
Полупроводник	Z1
Пучок нейтронов	V3
Проводник	X1
Пьезокристалл	Z4
Твердое тело	X
Токопроводящее твердое тело	X9
Ферромагнетик	X2

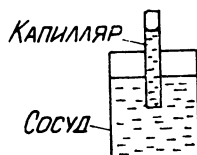
Название	Символическое имя
Ферромагнитная жидкость *	Y2
Электролит	Y3
Электромагнитное излучение	U6
Электрическое поле	U
Электрическое поле неоднородное	U1
Дроссельное устройство	S4
Источник электрического тока	S5
Капиллярное устройство	S6
Конденсатор	S1
Соленоид	S2
Цилиндр-поршень (сильфон)	S3

* Ферромагнитная жидкость — устойчивая взвесь мелкодисперсных ферромагнитных частиц в жидкости.

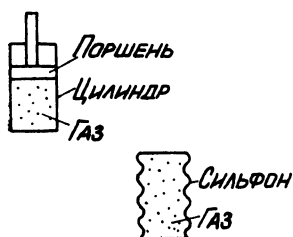
S4 — дроссельное устройство



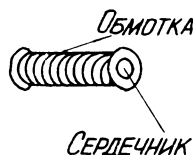
S6 — капиллярное устройство



S3 — цилиндр-поршень, сильфон

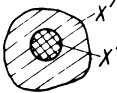
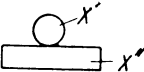


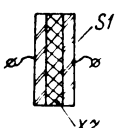
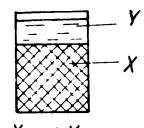
S2 — соленоид



1.5. ОТНОШЕНИЯ

Таблица 9
1.5.1. Отношения между объектами

Название	Символическое имя	Примеры
Отношение внешнего контакта	$\oplus$	 $X' + X''$  $X \cdot Y$
Отношение внутреннего контакта	$\#$	 $X' \# X''$  $Z \# X$
Отношение произвольного (внешнего или внутреннего) контакта	--	См. предыдущие примеры
Отношение внешнего контакта с учетом направления вектора напряженности гравитационного поля	$\perp$	X' расположен сверху X''  $X' \perp X''$
Отношение фиксированного контакта между твердыми телами	$\bullet$	$X1$ не может перемещаться относительно $X2$  СВАРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ $X' \bullet X''$

Название	Символическое имя	Примеры
Отношение «быть элементом»	•	 $X7 \in S1$
Фазовые отношения (один объект появился в результате фазового превращения другого объекта)	{...}	 $X \leftrightarrow Y$
Отношение тождества («...является», «...можно рассматривать как...»)	=	$X \equiv V$

Здесь: X — твердое тело; Y — жидкость; Z — газ; $Y8$ — текучая среда; $S1$ — конденсатор; $X7$ — диэлектрик; V — вещество.

1.5.2. Отношения между параметрами объектов

$>$ — больше

$>$ — больше или равно

$<$ — меньше

$<$ — меньше или равно

$=$ — равно

Например, температура (T) жидкости (Y) меньше или равна ($<$) температуре ее кипения ($T3$): $TY \leq T3Y$.

1.5.3. Отношения между изменениями параметров объектов

$\rightarrow$ — причинное отношение («...приводит к...»);

$\equiv$ — отношение тождества («...является...», «...можно рассматривать как...»).

Например, увеличение (1) температуры (T) жидкости (Y) приводит к увеличению ее объема ($W2$): $1TY \rightarrow 1W2Y$.

2. НЕТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗНАКИ

(...) — квантор условий («...при условии, что...»);

• — логическая связка «и»;

! — логическая связка «или»;

0 — отсутствие (внешней) причины эффекта;

' (один штрих)

" (два штриха)

...

'''... (n штрихов)

используется для обозначения различных объектов одного типа, например X' и X'' .

ПЕРЕЧЕНЬ ГРУПП ОДНОПРИЧИННЫХ ЭФФЕКТОВ

УВЕЛИЧЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ
ПАРАМЕТРА ОБЪЕКТА

- 1A2Y**
155. $1A2Y \rightarrow 1M4X$ [Д]
 158. $1A2Y \rightarrow 1M5X$ [Д]
1A2Y2
 306. $1A2Y2 \equiv 1A2Y$ ($Y2 \equiv Y$) [o2]
1A4X
 78. $1A4X \rightarrow 1LX$
1A4X2
 257. $1A4X2 \equiv 1A4X$ ($X2 \equiv X$) [o2]
1AX2
 265. $1AX2 \rightarrow 1E2X2$ [O]
 252. $1AX2 \rightarrow 1HU3$ [Д]
 266. $1AX2 \rightarrow 1LX2$ [p2]
1B5Z1
 280. $1B5Z1 \rightarrow 1M4X$ [Д]
1C3X7
 246. $1C3X7 \rightarrow 2CS1$ [Д]
 250. $1C3X7 \rightarrow 1CX6$ [Д]
1C3Z
 193. $1C3Z \equiv 1C3X7$ ($Z \equiv X7$) [o2]
1C7Y3
 232. $1C7Y3 \rightarrow 2D1Y3$
1CX1
 222. $1CX1 \rightarrow 2R6X1$
1CX6
 299. $1CX6 \equiv 1CX1$ ($X6 \equiv X1$) [o2]
1D1X1
 226. $1D1X1 \rightarrow 1RX1$
1D1Y3
 230. $1D1Y3 \equiv 1D1X1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]
1D1Z1
 288. $1D1Z1 \equiv 1D1X1$ ($Z1 \equiv X1$) [o2]
1D2X2
 276. $1D2X2 \rightarrow 1L3S2$ [Д]
1E1X
 84. $1E1X \rightarrow 4FX$ [O]
 131. $1E1X \equiv 1E1X2$ ($X \equiv X2$) [o1]
 135. $1E1X \equiv 1E1X9$ ($X \equiv X9$) [o1]
 134. $1E1X \equiv 1E1Z1$ ($X \equiv Z1$) [o1]
 139. $1E1X \equiv 1E1Z4$ ($X \equiv Z4$) [o1]
1E1X2
 270. $1E1X2 \rightarrow 2AX2$ [O]
 268. $1E1X2 \rightarrow 2D2X2$ [O]
 262. $1E1X2 \equiv 1E1X$ ($X2 \equiv X$) [o2]
1E1X9
 129. $1E1X9 \rightarrow 1D1X9$ [O]
1E1Z1
 284. $1E1Z1 \rightarrow 2D1Z1$ [O]
1E1Z4
 128. $1E1Z4 \rightarrow 3KX1$ [Д]
 325. $1E1Z4 \equiv 1E1X$ ($Z4 \equiv X$) [o2]
1E2X
 85. $1E2X \rightarrow 4FX$ [O]
 133. $1E2X \equiv 1E2Z1$ ($X \equiv Z1$) [o1]
 140. $1E2X \equiv 1E2Z4$ ($X \equiv Z4$) [o1]
 132. $1E2X \equiv 1E2X2$ ($X \equiv X2$) [o1]
 113. $1E2X' \rightarrow 1E2X''$ [Д]
1E2X2
 271. $1E2X2 \rightarrow 2AX2$ [O]
 269. $1E2X2 \rightarrow 2D2X2$ [O]
 261. $1E2X2 \equiv 1E2X$ ($X2 \equiv X$) [o2]
1E2X9
 130. $1E2X9 \rightarrow 2D1X9$ [O]
1E2Z1
 285. $1E2Z1 \rightarrow 1D1Z1$ [O]
1E2Z4
 127. $1E2Z4 \rightarrow 3KX1$ [Д]
 326. $1E2Z4 \equiv 1E2X$ ($Z4 \equiv X$) [o2]
1E5U6
 43. $1E5U6 \rightarrow 1NX$ [Д]
 42. $1E5U6 \rightarrow 1Q1V$ [O, Д]
1EU
 13. $1EU \rightarrow 1C3X7$ [o2, Д]
 9. $1EU \rightarrow 1E1Z4$ [Д]
 11. $1EU \rightarrow 1LZ4$ [Д]
 5. $1EU \rightarrow 1NX9$ [Д]
1G6U
 7. $1G6U \rightarrow 1NY9$ [Д]
1G7U3
 24. $1G7U3 \rightarrow 1NX2$ [Д]
1H7X1
 198. $1H7X1 \rightarrow 1G7U3$ [Д]
1H7X6
 291. $1H7X6 \rightarrow 2G6U$ [Д]

1HU3

37. $1HU3 \rightarrow 1A2Y2$ [D]
 28. $1HU3 \rightarrow 1A4X2$ [D]
 30. $1HU3 \rightarrow 1AX2$ [O, D]
 31. $1HU3 \rightarrow 1E2X2$ [D]
 26. $1HU3 \rightarrow 1LX2$ [D]
 20. $1HU3 \rightarrow 1NX9$ [D]
 35. $1HU3 \rightarrow 2L1Z1$ [D]
 22. $1HU3 \rightarrow 1D1X1$ [o2, D]
 33. $1HU3 \rightarrow 1D2X2$ [D]

1J4X1

201. $1J4X1 \rightarrow 1HU5$ [D]

1JX1

195. $1JX1 \rightarrow 1HU3$ [D]
 210. $1JX1 \rightarrow 1Q1X1$ [O]

1JX9

308. $1JX9 \rightarrow 1NX9$

1KX1

207. $1KX1 \rightarrow 1JX1$

1L1Z1

282. $1L1Z1 \equiv 1L1X$ ($Z1 \equiv X$) [o2]

1L3S2

303. $1L3S2 \rightarrow 1R5S2$

1LX

119. $1LX \rightarrow 1GY$ [p1, D]
 94. $1LX \rightarrow 1NX$
 103. $1LX \rightarrow 1W2X$
 121. $1LX \rightarrow 2W2Y$ [o1, o2, p1, D]
 115. $1LX' \rightarrow 3WX''$ [D]

1LX1

216. $1LX1 \rightarrow 1RX1$ [p1]
 218. $1LX1 \rightarrow 2RX1$ [p1]

1LX2

259. $1LX2 \equiv 1LX$ ($X2 \equiv X$) [o2]

1LX7

242. $1LX7 \rightarrow 1CS1$ [p1, D]
 244. $1LX7 \rightarrow 2CS1$ [p1, D]

1LZ4

323. $1LZ4 \equiv 1LX$ ($Z4 \equiv X$) [o2]

1M4X

77. $1M4X \rightarrow 2WX$ [O]

1M5X

102. $1M5X \rightarrow 2W1X$

1MV

45. $1MV \rightarrow 1P2V$

1MX

71. $1MX \rightarrow 1P2X$
 69. $1MX \equiv 1MV$ ($X \equiv V$) [o2]

80. $1MX \rightarrow 1W2X$

1MX1

224. $1MX1 \rightarrow 1W2X1$

1MX2

263. $1MX2 \rightarrow 1NX2$

1MY

164. $1MY \rightarrow 1W2Y$
 168. $1MY \equiv 1MY3$ ($Y \equiv Y3$) [o1]
 141. $1MY \equiv 1MV$ ($Y \equiv V$) [o2]

1MY3

228. $1MY3 \equiv 1MX1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]

1MY9

317. $1MY9 \rightarrow 1NY9$

1MZ

186. $1MZ \rightarrow 1R1Z$

1NX

91. $1NX \rightarrow 1E1X$
 89. $1NX \rightarrow 1E2X$
 82. $1NX \rightarrow 1LX$ [O]
 76. $1NX \rightarrow 1WX$ [O]
 83. $1NX \rightarrow 2LX$ [O]
 100. $1NX \rightarrow 1M4X$ [D]

1NX2

255. $1NX2 \equiv 1NX$ ($X2 \equiv X$) [o2]

1NX6

296. $1NX6 \equiv 1NX$ ($X6 \equiv X$) [o2]

1NX9

311. $1NX9 \equiv 1NX$ ($X9 \equiv X$) [o2]

1NY9

319. $1NY9 \equiv 1NX$ ($Y9 \equiv X$) [o2]

1P2V

55. $1P2V \rightarrow 1NX$ [D]

1PZ

174. $1PZ \rightarrow 1NX$ [D]
 189. $1PZ' \rightarrow 1TZ''$ [D]
 176. $1PZ \rightarrow 2NX$ [D]

1Q1V

49. $1Q1V \rightarrow 1Q2V$
 47. $1Q1V \rightarrow 1TV$ [O]
 57. $1Q1V \equiv 1Q1X$ ($V \equiv X$) [o1]
 62. $1Q1V \equiv 1Q1X7$ ($V \equiv X7$) [o1]
 67. $1Q1V \equiv 1Q1Z1$ ($V \equiv Z1$) [o1]

1Q1X

123. $1Q1X \rightarrow 1MY$ [o2, O, D]
 93. $1Q1X \rightarrow 2MX$ [O]
 124. $1Q1X \rightarrow 3Y$ [o2, D]
 68. $1Q1X \equiv 1Q1V$ ($X \equiv V$) [o2]

- 1Q1X1**
 206. $1Q1X1 \equiv 1Q1V$ ($X1 \equiv V$) [o2]
1Q1X2
 272. $1Q1X2 \rightarrow 2D2X2$ [O]
 254. $1Q1X2 \equiv 1Q1V$ ($X2 \equiv V$) [o2]
1Q1X7
 237. $1Q1X7 \rightarrow 2C3X7$ [o1, o2, O]
1Q2V
 48. $1Q2V \rightarrow 2TV$ [O]
 51. $1Q2V' \rightarrow 1Q1V''$ [Д]
1Q2Y
 163. $1Q2Y \rightarrow 2MY$ [O]
1Q2Z
 180. $1Q2Z \rightarrow 1MY$ [O, Д]
 322. $1Q2Z \rightarrow 2MZ$ [O]
1Q3X7
 234. $1Q3X7 \rightarrow 1EU$ [Д]
1Q3Y9
 314. $1Q3Y9 \rightarrow 1NY9$
1R1X
 86. $1R1X \rightarrow 3NX$
1R1Z
 188. $1R1Z \rightarrow 1C3Z$
 181. $1R1Z \rightarrow 1PZ$
1R5S2
 301. $1R5S2 \rightarrow 2J4S2$
1R6X1
 214. $1R6X1 \rightarrow 2J4X1$
1RX1
 212. $1RX1 \rightarrow 2JX1$
1TV
 58. $1TV \equiv 1TX$ ($V \equiv X$) [o1]
 60. $1TV \equiv 1TX1$ ($V \equiv X1$) [o1]
 63. $1TV \equiv 1TX2$ ($V \equiv X2$) [o1]
 65. $1TV \equiv 1TZ1$ ($V \equiv Z1$) [o1]
 53. $1TV' \rightarrow 1TV''$ [Д]
1TX
 111. $1TX \rightarrow 1E2X$ [O]
 109. $1TX \rightarrow 1LX$
1TX1
 204. $1TX1 \rightarrow 1E5U6$ [Д]
1TX2
 273. $1TX2 \rightarrow 1D2X2$
 275. $1TX2 \rightarrow 2AX2$ [O]
1TX7
 238. $1TX7 \rightarrow 1C3X7$
1TY
 166. $1TY \rightarrow 1MZ$ [Д]

161. $1TY \rightarrow 2A2Y$
 327. $1TY \equiv 1TV$ ($Y \equiv V$) [o2]
1TZ
 183. $1TZ \rightarrow 1PZ$
 172. $1TZ \equiv 1TV$ ($Z \equiv V$) [o2]
 191. $1TZ \rightarrow 1W2Z$
1TZ1
 286. $1TZ1 \rightarrow 1B5Z1$
1W1X
 73. $1W1X \rightarrow 1NX$
 96. $1W1X \rightarrow 1E1X$
1W2X
 105. $1W2X \rightarrow 1LX$
 98. $1W2X \rightarrow 2R1X$
1W2X1
 220. $1W2X1 \rightarrow 1LX1$
1W2X2
 278. $1W2X2 \rightarrow 1L3S2$ [Д]
1W2X7
 248. $1W2X7 \rightarrow 1CX6$ [Д]
 240. $1W2X7 \rightarrow 1LX7$
1W2Y
 170. $1W2Y \equiv 1W2X7$ ($Y \equiv X7$) [o1, o2]
 146. $1W2Y \rightarrow 3WX$ [Д]
1W2Z
 178. $1W2Z \rightarrow 4P7X$ [Д]
1WX
 136. $1WX \equiv 1WX9$ ($X \equiv X9$) [o1]
 107. $1WX \rightarrow 4P7X$
 117. $1WX' \rightarrow 1WX''$ [Д]
1WX6
 293. $1WX6 \rightarrow 1NX6$
1WY
 152. $1WY \rightarrow 1NX$ [Д]
 157. $1WY \rightarrow 1Q1X$ [O, Д]
 143. $1WY \rightarrow 1NX$ [Д]

УМЕНЬШЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРА ОБЪЕКТА

- 2A2Y**
 156. $2A2Y \rightarrow 2M4X$ [Д]
 159. $2A2Y \rightarrow 2M5X$ [Д]
2A2Y2
 307. $2A2Y2 \equiv 2A2Y$ ($Y2 \equiv Y$) [o2]
2A4X
 79. $2A4X \rightarrow 2LX$

- 2A4X2**
 258. $2A4X2 \Rightarrow 2A4X$ ($X2 \equiv X$) [o2]
2AX2
 253. $2AX2 \rightarrow 2HU3$ [D]
 267. $2AX2 \rightarrow 2LX2$ [p2]
2B5Z1
 281. $2B5Z1 \rightarrow 2M4X$ [D]
2C3X7
 247. $2C3X7 \rightarrow 1CS1$ [D]
 251. $2C3X7 \rightarrow 2CX6$ [D]
2C3Z
 194. $2C3Z \Rightarrow 2C3X7$ ($Z \equiv X7$) [o2]
2C7Y3
 233. $2C7Y3 \rightarrow 1D1Y3$
2CX1
 223. $2CX1 \rightarrow 1R6X1$
2CX6
 300. $2CX6 \Rightarrow 2CX1$ ($X6 \equiv X1$) [o2]
2D1X1
 227. $2D1X1 \rightarrow 2RX1$
2D1Y3
 231. $2D1Y3 \Rightarrow 2D1X1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]
2D1Z1
 289. $2D1Z1 \Rightarrow 2D1X1$ ($Z1 \equiv X1$) [o2]
2D2X2
 277. $2D2X2 \rightarrow 2L3S2$ [D]
2E2X
 114. $2E2X' \rightarrow 2E2X''$ [D]
2E5U6
 44. $2E5U6 \rightarrow 2NX$ [D]
2EU
 14. $2EU \rightarrow 2C3X7$ [o2, D]
 10. $2EU \rightarrow 2E1Z4$ [D]
 12. $2EU \rightarrow 2LZ4$ [D]
 6. $2EU \rightarrow 2NX9$ [D]
2G6U
 8. $2G6U \rightarrow 2NY9$ [D]
2G7U3
 25. $2G7U3 \rightarrow 2NX2$ [D]
2H7X1
 199. $2H7X1 \rightarrow 2G7U3$ [D]
2H7X6
 292. $2H7X6 \rightarrow 1G6U$ [D]
2HU3
 36. $2HU3 \rightarrow 1L1Z1$ [D]
 38. $2HU3 \rightarrow 2A2Y2$ [D]
 29. $2HU3 \rightarrow 2A4X2$ [D]
 23. $2HU3 \rightarrow 2D1X1$ [o2, D]
 34. $2HU3 \rightarrow 2D2X2$ [D]
 32. $2HU3 \rightarrow 2E2X2$ [D]
 27. $2HU3 \rightarrow 2LX2$ [D]
 18. $2HU3 \rightarrow 2NX9$ [D]
 21. $2HU3 \rightarrow 2NX9$ [D]
2J4X1
 202. $2J4X1 \rightarrow 2HU5$ [D]
2JX1
 196. $2JX1 \rightarrow 2HU3$ [D]
2JX9
 309. $2JX9 \rightarrow 2NX9$
2KX1
 208. $2KX1 \rightarrow 2JX1$
2L1Z1
 283. $2L1Z1 \Rightarrow 2L1X$ ($Z1 \equiv X$) [o2]
2L3S2
 304. $2L3S2 \rightarrow 2R5S2$
2LX
 122. $2LX \rightarrow 1W2Y$ [o1, o2, p1, D]
 120. $2LX \rightarrow 2GX$ [p1, D]
 95. $2LX \rightarrow 2NX$
 104. $2LX \rightarrow 2W2X$
 116. $2LX' \rightarrow 3WX''$ [D]
2LX1
 219. $2LX1 \rightarrow 1RX1$ [p1]
 217. $2LX1 \rightarrow 2RX1$ [p1]
2LX2
 260. $2LX2 \Rightarrow 2LX$ ($X2 \equiv X$) [o2]
2LX7
 245. $2LX7 \rightarrow 1CS1$ [p1, D]
 243. $2LX7 \rightarrow 2CS1$ [p1, D]
2LZ4
 324. $2LZ4 \Rightarrow 2LX$ ($Z4 \equiv X$) [o2]
2MV
 46. $2MV \rightarrow 2P2V$
2MX
 72. $2MX \rightarrow 2P2X$
 81. $2MX \rightarrow 2W2X$
 70. $2MX \Rightarrow 2MV$ ($X \equiv V$) [o2]
2MX1
 225. $2MX1 \rightarrow 2W2X1$
2MX2
 264. $2MX2 \rightarrow 2NX2$
2MY
 165. $2MY \rightarrow 2W2Y$
 142. $2MY \Rightarrow 2MV$ ($Y \equiv V$) [o2]
 169. $2MY \Rightarrow 2MY3$ ($Y \equiv Y3$) [o1]

2MY3
 229. $2MY3 \equiv 2MX1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]
2MY9
 318. $2MY9 \rightarrow 2NY9$
2MZ
 187. $2MZ \rightarrow 2R1Z$
2NX
 101. $2NX \rightarrow 2M4X$
2NX2
 256. $2NX2 \equiv 2NX$ ($X2 \equiv X$) [o2]
2NX6
 297. $2NX6 \equiv 2NX$ ($X6 \equiv X$) [o2]
2NX9
 312. $2NX9 \equiv 2NX$ ($X9 \equiv X$) [o2]
2NY9
 320. $2NY9 \equiv 2NX$ ($Y9 \equiv X$) [o2]
2P2V
 56. $2P2V \rightarrow 2NX$ [D]
2PZ
 177. $2PZ \rightarrow 1NX$ [D]
 175. $2PZ \rightarrow 2NX$ [D]
 190. $2PZ' \rightarrow 2TZ''$ [D]
2Q1V
 50. $2Q1V \rightarrow 2Q2V$
2Q2V
 52. $2Q2V' \rightarrow 2Q1V''$ [D]
2Q3X7
 235. $2Q3X7 \rightarrow 2EU$ [D]
2Q3Y9
 315. $2Q3Y9 \rightarrow 2NY9$
2R1X
 87. $2R1X \rightarrow 3NX$
2R1Z
 189. $2R1Z \rightarrow 2C3Z$
 182. $2R1Z \rightarrow 2PZ$
2R5S2
 302. $2R5S2 \rightarrow 1J4S2$
2R6X1
 215. $2R6X1 \rightarrow 1J4X1$
2RX1
 213. $2RX1 \rightarrow 1JX1$
2TV
 59. $2TV \equiv 2TX$ ($V \equiv X$) [o1]
 61. $2TV \equiv 2TX1$ ($V \equiv X1$) [o1]
 64. $2TV \equiv 2TX2$ ($V \equiv X2$) [o1]
 66. $2TV \equiv 2TZ1$ ($V \equiv Z1$) [o1]
 54. $2TV' \rightarrow 2TV''$ [D]

2TX
 112. $2TX \rightarrow 1E1X$ [O]
 110. $2TX \rightarrow 2LX$
2TX1
 205. $2TX1 \rightarrow 2E5U6$ [D]
2TX2
 274. $2TX2 \rightarrow 2D2X2$
2TX7
 239. $2TX7 \rightarrow 2C3X7$
2TY
 162. $2TY \rightarrow 1A2Y$
 167. $2TY \rightarrow 2MZ$ [D]
 328. $2TY \equiv 2TV$ ($Y \equiv V$) [o2]
2TZ
 184. $2TZ \rightarrow 2PZ$
 173. $2TZ \equiv 2TV$ ($Z \equiv V$) [o2]
 192. $2TZ \rightarrow 2W2Z$
2TZ1
 287. $2TZ1 \rightarrow 2B5Z1$
2W1X
 74. $2W1X \rightarrow 2NX$
 97. $2W1X \rightarrow 2E1X$
2W2X
 99. $2W2X \rightarrow 1R1X$
 106. $2W2X \rightarrow 2LX$
2W2X1
 221. $2W2X1 \rightarrow 2LX1$
2W2X2
 279. $2W2X2 \rightarrow 2L3S2$ [D]
2W2X7
 249. $2W2X7 \rightarrow 2CX6$ [D]
 241. $2W2X7 \rightarrow 2LX7$
2W2Y
 147. $2W2Y \rightarrow 3WX$ [D]
 171. $2W2Y \equiv 2W2X7$ ($Y \equiv X7$) [o1, o2]
2W2Z
 179. $2W2Z \rightarrow 4P7X$ [D]
2WX
 137. $2WX \equiv 2WX9$ ($X \equiv X9$) [o1]
 118. $2WX' \rightarrow 2WX''$ [D]
2WX6
 294. $2WX6 \rightarrow 2NX6$
2WY
 144. $2WY \rightarrow 2NX$ [D]
 153. $2WY \rightarrow 2NX$ [D]

**НАЛИЧИЕ НЕНУЛЕВОГО
ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА
ОБЪЕКТА**

- 3J4X1**
203. $3J4X1 \rightarrow 3U5$
- 3JX1**
211. $3JX1 \rightarrow 1Q1X1$ [O]
197. $3JX1 \rightarrow 3U3$ [Д]
200. $3JX1 \rightarrow 3U4$ [Д]
- 3JX9**
310. $3JX9 \rightarrow 3NX9$
- 3KX1**
209. $3KX1 \rightarrow 3JX1$
- 3NX**
88. $3NX \rightarrow 1W X$
92. $3NX \rightarrow 3E1X$
90. $3NX \rightarrow 3E2X$
- 3NX6**
298. $3NX6 \equiv 3NX$ ($X6 \equiv X$) [o2]
- 3NX9**
313. $3NX9 \equiv 3NX$ ($X9 \equiv X$) [o2]
- 3NY9**
321. $3NY9 \equiv 3NX$ ($Y9 \equiv X$) [o2]
- 3Q3X6**
290. $3Q3X6 \rightarrow 3U1$ [Д]
- 3Q3X7**
236. $3Q3X7 \rightarrow 3U1$ [Д]
- 3Q3Y9**
316. $3Q3Y9 \rightarrow 3NY9$
- 3U1**
15. $3U1 \rightarrow 3NY9$ [Д]
- 3U3**
16. $3U3 \rightarrow 3NX9$ [Д]

19. $3U3 \rightarrow 3NX9$ [Д]
- 3U4**
39. $3U4 \rightarrow 3NX2$ [Д]
- 3U5**
40. $3U5 \rightarrow 1Q1X2$ [Д]
- 3U6**
41. $3U6 \rightarrow 1Q1V$ [Д]
- 3V3**
305. $3V3 \rightarrow 1Q1V$ [Д]
- 3W1X**
75. $3W1X \rightarrow 3NX$
- 3WX**
108. $3WX \rightarrow 4P7X$
138. $3WX \equiv 3WX9$ ($X \equiv X9$) [o1]
- 3WX6**
295. $3WX6 \rightarrow 3NX6$
- 3WY**
145. $3WY \rightarrow 3NX$ [Д]
154. $3WY \rightarrow 3NX$ [Д]
- 3Y**
150. $3Y \rightarrow 1E2X$ [o1, o2, Д]
151. $3Y \rightarrow 1Q1X$ [Д]
149. $3Y \rightarrow 1W2X$ [o1, o2, Д]
148. $3Y \rightarrow 3M4X$ [Д]
160. $3Y \rightarrow 3M5X$ [Д]

**ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ
ПАРАМЕТРА ОБЪЕКТА**

- 4P7X**
125. $4P7X \rightarrow 1W2Z$ [Д]
126. $4P7X \rightarrow 2W2Z$ [Д]

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

**ПЕРЕЧЕНЬ ГРУПП
ОДНОСЛЕДСТВЕННЫХ ЭФФЕКТОВ**

**УВЕЛИЧЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ
ПАРАМЕТРА ОБЪЕКТА**

- 1A2Y**
162. $2TY \rightarrow 1A2Y$
306. $1A2Y2 \equiv 1A2Y$ ($Y2 \equiv Y$) [o2]
- 1A2Y2**
37. $1HU3 \rightarrow 1A2Y2$ [Д]

- 1A4X2**
257. $1A4X2 \equiv 1A4X$ ($X2 \equiv X$) [o2]
- 1A4X2**
28. $1HU3 \rightarrow 1A4X2$ [Д]
- 1AX2**
30. $1HU3 \rightarrow 1AX2$ [O, Д]
- 1B5Z1**
286. $1TZ1 \rightarrow 1B5Z1$

- 1C3X7
238. $1TX7 \rightarrow 1C3X7$
13. $1EU \rightarrow 1C3X7$ [o2, D]
193. $1C3Z \equiv 1C3X7$ ($Z \equiv X7$) [o2]

- 1C3Z
188. $1R1Z \rightarrow 1C3Z$
1C7Y3
3. $0 \rightarrow 1C7Y3$
1CS1
242. $1LX7 \rightarrow 1CS1$ [p1, D]
245. $2LX7 \rightarrow 1CS1$ [p1, D]
247. $2C3X7 \rightarrow 1CS1$ [D]
1CX1
299. $1CX6 \equiv 1CX1$ ($X6 \equiv X1$) [o2]
1CX6
248. $1W2X7 \rightarrow 1CX6$ [D]
250. $1C3X7 \rightarrow 1CX6$ [D]
1D1X1
22. $1HU3 \rightarrow 1D1X1$ [o2, D]
230. $1D1Y3 \equiv 1D1X1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]
288. $1D1Z1 \equiv 1D1X1$ ($Z1 \equiv X1$) [o2]

- 1D1X9
129. $1E1X9 \rightarrow 1D1X9$ [O]
1D1Y3
233. $2C7Y3 \rightarrow 1D1Y3$
1D1Z1
285. $1E2Z1 \rightarrow 1D1Z1$ [O]
1D2X2
273. $1TX2 \rightarrow 1D2X2$
33. $1HU3 \rightarrow 1D2X2$ [D]
1E1X
91. $1NX \rightarrow 1E1X$
112. $2TX \rightarrow 1E1X$ [O]
262. $1E1X2 \equiv 1E1X$ ($X2 \equiv X$) [o2]
325. $1E1Z4 \equiv 1E1X$ ($Z4 \equiv X$) [o2]
96. $1W1X \rightarrow 1E1X$

- 1E1X2
131. $1E1X \equiv 1E1X2$ ($X \equiv X2$) [o1]
1E1X9
135. $1E1X \equiv 1E1X9$ ($X \equiv X9$) [o1]
1E1Z1
134. $1E1X \equiv 1E1Z1$ ($X \equiv Z1$) [o1]
1E1Z4
9. $1EU \rightarrow 1E1Z4$ [D]
139. $1E1X \equiv 1E1Z4$ ($X \equiv Z4$) [o1]

- 1E2X
89. $1NX \rightarrow 1E2X$
150. $3Y \rightarrow 1E2X$ [o1, o2, D]

111. $1TX \rightarrow 1E2X$ [O]
113. $1E2X' \rightarrow 1E2X''$ [D]
261. $1E2X2 \equiv 1E2X$ ($X2 \equiv X$) [o2]
326. $1E2Z4 \equiv 1E2X$ ($Z4 \equiv X$) [o2]

- 1E2X2
31. $1HU3 \rightarrow 1E2X2$ [D]
265. $1AX2 \rightarrow 1E2X2$ [O]
132. $1E2X \equiv 1E2X2$ ($X \equiv X2$) [o1]

- 1E2Z1
133. $1E2X \equiv 1E2Z1$ ($X \equiv Z1$) [o1]
1E2Z4
140. $1E2X \equiv 1E2Z4$ ($X \equiv Z4$) [o1]

- 1E5U6
204. $1TX1 \rightarrow 1E5U6$ [D]
1EU
234. $1Q3X7 \rightarrow 1EU$ [D]

- 1G6U
292. $2H7X6 \rightarrow 1G6U$ [D]
1G7U3
198. $1H7X1 \rightarrow 1G7U3$ [D]

- 1GY
119. $1LX \rightarrow 1GY$ [p1, D]
1HU3
252. $1AX2 \rightarrow 1HU3$ [D]
195. $1JX1 \rightarrow 1HU3$ [D]

- 1HU5
201. $1J4X1 \rightarrow 1HU5$ [D]
1J4S2
302. $2R5S2 \rightarrow 1J4S2$

- 1J4X1
215. $2R6X1 \rightarrow 1J4X1$
1JX1
207. $1KX1 \rightarrow 1JX1$

213. $2RX1 \rightarrow 1JX1$
1L1X
282. $1L1Z1 \equiv 1L1X$ ($Z1 \equiv X$) [o2]

- 1L1Z1
36. $2HU3 \rightarrow 1L1Z1$ [D]
1L3S2
276. $1D2X2 \rightarrow 1L3S2$ [D]
278. $1W2X2 \rightarrow 1L3S2$ [D]

- 1LX
105. $1W2X \rightarrow 1LX$
109. $1TX \rightarrow 1LX$
78. $1A4X \rightarrow 1LX$
82. $1NX \rightarrow 1LX$ [O]
259. $1LX2 \equiv 1LX$ ($X2 \equiv X$) [o2]
323. $1LZ4 \equiv 1LX$ ($Z4 \equiv X$) [o2]

- 1LX1
 220. $1W2X1 \rightarrow 1LX1$
 1LX2
 266. $1AX2 \rightarrow 1LX2$ [p2]
 26. $1HU3 \rightarrow 1LX2$ [D]
 1LX7
 240. $1W2X7 \rightarrow 1LX7$
 1LZ4
 11. $1EU \rightarrow 1LZ4$ [D]
 1M4X
 155. $1A2Y \rightarrow 1M4X$ [D]
 280. $1B5Z1 \rightarrow 1M4X$ [D]
 100. $1NX \rightarrow 1M4X$
 1M5X
 158. $1A2Y \rightarrow 1M5X$ [D]
 1MV
 69. $1MX \equiv 1MV$ ($X \equiv V$) [o2]
 141. $1MY \equiv 1MV$ ($Y \equiv V$) [o2]
 1MX1
 228. $1MY3 \equiv 1MX1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]
 1MY
 123. $1Q1X \rightarrow 1MY$ [O, D]
 180. $1Q2Z \rightarrow 1MY$ [O, D]
 1MY3
 168. $1MY \equiv 1MY3$ ($Y \equiv Y3$) [o1]
 1MZ
 166. $1TY \rightarrow 1MZ$ [D]
 1NX
 73. $1W1X \rightarrow 1NX$
 94. $1LX \rightarrow 1NX$
 143. $1WY \rightarrow 1NX$ [D]
 152. $1WY \rightarrow 1NX$ [D]
 174. $1PZ \rightarrow 1NX$ [D]
 177. $2PZ \rightarrow 1NX$ [D]
 43. $1E5U6 \rightarrow 1NX$ [D]
 55. $1P2V \rightarrow 1NX$ [D]
 255. $1NX2 \equiv 1NX$ ($X2 \equiv X$) [o2]
 296. $1NX6 \equiv 1NX$ ($X6 \equiv X$) [o2]
 311. $1NX9 \equiv 1NX$ ($X9 \equiv X$) [o2]
 319. $1NY9 \equiv 1NX$ ($Y9 \equiv X$) [o2]
 1NX2
 263. $1MX2 \rightarrow 1NX2$
 24. $1G7U3 \rightarrow 1NX2$ [D]
 1NX6
 293. $1WX6 \rightarrow 1NX6$
 1NX9
 308. $1JX9 \rightarrow 1NX9$
 17. $1HU3 \rightarrow 1NX9$ [D]
 20. $1HU3 \rightarrow 1NX9$ [D]
 5. $1EU \rightarrow 1NX9$ [D]
 1NY9
 314. $1Q3Y9 \rightarrow 1NY9$
 317. $1MY9 \rightarrow 1NY9$
 7. $1G6U \rightarrow 1NY9$ [D]
 1P2V
 45. $1MV \rightarrow 1P2V$
 1P2X
 71. $1MX \rightarrow 1P2X$
 1PZ
 181. $1R1Z \rightarrow 1PZ$
 183. $1TZ \rightarrow 1PZ$
 1Q1V
 305. $3V3 \rightarrow 1Q1V$ [D]
 41. $3U6 \rightarrow 1Q1V$ [D]
 42. $1E5U6 \rightarrow 1Q1V$ [O, D]
 51. $1Q2V' \rightarrow 1Q1V''$ [D]
 68. $1Q1X \equiv 1Q1V$ ($X \equiv V$) [o2]
 206. $1Q1X1 \equiv 1Q1V$ ($X1 \equiv V$) [o2]
 254. $1Q1X2 \equiv 1Q1V$ ($X2 \equiv V$) [o2]
 1Q1X
 57. $1Q1V \equiv 1Q1X$ ($V \equiv X$) [o1]
 151. $3Y \rightarrow 1Q1X$ [D]
 157. $1WY \rightarrow 1Q1X$ [O, D]
 1Q1X1
 210. $1JX1 \rightarrow 1Q1X1$ [O]
 211. $3JX1 \rightarrow 1Q1X1$ [O]
 1Q1X2
 40. $3U5 \rightarrow 1Q1X2$ [D]
 1Q1X7
 62. $1Q1V \equiv 1Q1X7$ ($V \equiv X7$) [o1]
 1Q1Z1
 67. $1Q1V \equiv 1Q1Z1$ ($V \equiv Z1$) [o1]
 1Q2V
 49. $1Q1V \rightarrow 1Q2V$
 1Q3X7
 4. $0 \rightarrow 1Q3X7$
 1R1X
 99. $2W2X \rightarrow 1R1X$
 1R1Z
 186. $1MZ \rightarrow 1R1Z$
 1R5S2
 303. $1L3S2 \rightarrow 1R5S2$
 1R6X1
 223. $2CX1 \rightarrow 1R6X1$
 1RX1
 226. $1D1X1 \rightarrow 1RX1$

216. $1LX1 \rightarrow 1RX1$ [$p1$]
 219. $2LX1 \rightarrow 1RX1$ [$p1$]
1TV
 47. $1Q1V \rightarrow 1TV$ [O]
 53. $1TV' \rightarrow 1TV''$ [D]
 172. $1TZ \equiv 1TV$ ($Z \equiv V$) [$o2$]
 327. $1TY \equiv 1TV$ ($Y \equiv V$) [$o2$]
1TX
 58. $1TV \equiv 1TX$ ($V \equiv X$) [$o1$]
1TX1
 60. $1TV \equiv 1TX1$ ($V \equiv X1$) [$o1$]
1TX2
 63. $1TV \equiv 1TX2$ ($V \equiv X2$) [$o1$]
1TZ
 189. $1PZ' \rightarrow 1TZ''$ [D]
1TZ1
 65. $1TV \equiv 1TZ1$ ($V \equiv Z1$) [$o1$]
1W2X
 103. $1LX \rightarrow 1W2X$
 80. $1MX \rightarrow 1W2X$
 149. $3Y \rightarrow 1W2X$ [$o1, o2, D$]
1W2X1
 224. $1MX1 \rightarrow 1W2X1$
1W2X7
 170. $1W2Y \equiv 1W2X7$ ($Y \equiv X7$) [$o1, o2$]
1W2Y
 164. $1MY \rightarrow 1W2Y$
 122. $2LX \rightarrow 1W2Y$ [$o1, o2, p1, D$]
1W2Z
 125. $4P7X \rightarrow 1W2Z$ [D]
 191. $1TZ \rightarrow 1W2Z$
1WX
 88. $3NX \rightarrow 1WX$
 76. $1NX \rightarrow 1WX$ [O]
 117. $1WX' \rightarrow 1WX''$ [D]
1WX9
 136. $1WX \equiv 1WX9$ ($X \equiv X9$) [$o1$]

УМЕНЬШЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРА ОБЪЕКТА

- 2A2Y**
 161. $1TY \rightarrow 2A2Y$
 307. $2A2Y2 \equiv 2A2Y$ ($Y2 \equiv Y$) [$o2$]
2A2Y2
 38. $2HU3 \rightarrow 2A2Y2$ [D]

- 2A4X**
 258. $2A4X2 \equiv 2A4X$ ($X2 \equiv X$) [$o2$]
2A4X2
 29. $2HU3 \rightarrow 2A4X2$ [D]
2AX2
 270. $1E1X2 \rightarrow 2AX2$ [O]
 271. $1E2X2 \rightarrow 2AX2$ [O]
 275. $1TX2 \rightarrow 2AX2$ [O]
2B5Z1
 287. $2TZ1 \rightarrow 2B5Z1$
2C3X7
 239. $2TX7 \rightarrow 2C3X7$
 14. $2EU \rightarrow 2C3X7$ [$o2, D$]
 237. $1Q1X7 \rightarrow 2C3X7$ [$o1, o2, O$]
 194. $2C3Z \equiv 2C3X7$ ($Z \equiv X7$) [$o2$]
2C3Z
 189. $2R1Z \rightarrow 2C3Z$
2CS1
 243. $2LX7 \rightarrow 2CS1$ [$p1, D$]
 244. $1LX7 \rightarrow 2CS1$ [$p1, D$]
 246. $1C3X7 \rightarrow 2CS1$ [D]
2CX1
 300. $2CX6 \equiv 2CX1$ ($X6 \equiv X1$) [$o2$]
2CX6
 249. $2W2X7 \rightarrow 2CX6$ [D]
 251. $2C3X7 \rightarrow 2CX6$ [D]
2D1X1
 23. $2HU3 \rightarrow 2D1X1$ [$o2, D$]
 231. $2D1Y3 \equiv 2D1X1$ ($Y3 \equiv X1$) [$o2$]
 289. $2D1Z1 \equiv 2D1X1$ ($Z1 \equiv X1$) [$o2$]
2D1X9
 130. $1E2X9 \rightarrow 2D1X9$ [O]
2D1Y3
 232. $1C7Y3 \rightarrow 2D1Y3$
2D1Z1
 284. $1E1Z1 \rightarrow 2D1Z1$ [O]
2D2X2
 274. $2TX2 \rightarrow 2D2X2$
 34. $2HU3 \rightarrow 2D2X2$ [D]
 268. $1E1X2 \rightarrow 2D2X2$ [O]
 269. $1E2X2 \rightarrow 2D2X2$ [O]
 272. $1Q1X2 \rightarrow 2D2X2$ [O]
2E1X
 97. $2W1X \rightarrow 2E1X$
2E1Z4
 10. $2EU \rightarrow 2E1Z4$ [D]
2E2X
 114. $2E2X' \rightarrow 2E2X''$ [D]

2E2X2
 32. $2HU3 \rightarrow 2E2X2$ [D]
2E5U6
 205. $2TX1 \rightarrow 2E5U6$ [D]
2EU
 235. $2Q3X7 \rightarrow 2EU$
2G6U
 291. $1H7X6 \rightarrow 2G6U$ [D]
2G7U3
 199. $2H7X1 \rightarrow 2G7U3$ [D]
2GY
 120. $2LX \rightarrow 2GY$ [p1, D]
2HU3
 253. $2AX2 \rightarrow 2HU3$ [D]
 196. $2JX1 \rightarrow 2HU3$ [D]
2HU5
 202. $2J4X1 \rightarrow 2HU5$ [D]
2J4S2
 301. $1R5S2 \rightarrow 2J4S2$
2J4X1
 214. $1R6X1 \rightarrow 2J4X1$
2JX1
 208. $2KX1 \rightarrow 2JX1$
 212. $1RX1 \rightarrow 2JX1$
2L1X
 283. $2L1Z1 \equiv 2L1X$ ($Z1 \equiv X$) [o2]
2L1Z1
 35. $1HU3 \rightarrow 2L1Z1$ [D]
2L3S2
 277. $2D2X2 \rightarrow 2L3S2$ [D]
 279. $2W2X2 \rightarrow 2L3S2$ [D]
2LX
 106. $2W2X \rightarrow 2LX$
 110. $2TX \rightarrow 2LX$
 79. $2A4X \rightarrow 2LX$
 83. $1NX \rightarrow 2LX$ [O]
 260. $2LX2 \equiv 2LX$ ($X2 \equiv X$) [o2]
 324. $2LZ4 \equiv 2LX$ ($Z4 \equiv X$) [o2]
2LX1
 221. $2W2X1 \rightarrow 2LX1$
2LX2
 267. $2AX2 \rightarrow 2LX2$ [p2]
 27. $2HU3 \rightarrow 2LX2$ [D]
2LX7
 241. $2W2X7 \rightarrow 2LX7$
2LZ4
 12. $2EU \rightarrow 2LZ4$ [D]

2M4X
 156. $2A2Y \rightarrow 2M4X$ [D]
 281. $2B5Z1 \rightarrow 2M4X$ [D]
 101. $2NX \rightarrow 2M4X$
2M5X
 159. $2A2Y \rightarrow 2M5X$ [D]
2MV
 70. $2MX \equiv 2MV$ ($X \equiv V$) [o2]
 142. $2MY \equiv 2MV$ ($Y \equiv V$) [o2]
2MX
 93. $1Q1X \rightarrow 2MX$ [O]
2MX1
 229. $2MY3 \equiv 2MX1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]
2MY
 1. $0 \rightarrow 2MY$
 163. $1Q2Y \rightarrow 2MY$ [O]
2MY3
 169. $2MY \equiv 2MY3$ ($Y \equiv Y3$) [o1]
2MZ
 167. $2TY \rightarrow 2MZ$ [D]
 322. $1Q2Z \rightarrow 2MZ$ [O]
2NX
 74. $2W1X \rightarrow 2NX$
 95. $2LX \rightarrow 2NX$
 144. $2WY \rightarrow 2NX$ [D]
 153. $2WY \rightarrow 2NX$ [D]
 175. $2PZ \rightarrow 2NX$ [D]
 176. $1PZ \rightarrow 2NX$ [D]
 44. $2E5U6 \rightarrow 2NX$ [D]
 56. $2P2V \rightarrow 2NX$ [D]
 256. $2NX2 \equiv 2NX$ ($X2 \equiv X$) [o2]
 297. $2NX6 \equiv 2NX$ ($X6 \equiv X$) [o2]
 312. $2NX9 \equiv 2NX$ ($X9 \equiv X$) [o2]
 320. $2NY9 \equiv 2NX$ ($Y9 \equiv X$) [o2]
2NX2
 264. $2MX2 \rightarrow 2NX2$
 25. $2G7U3 \rightarrow 2NX2$ [D]
2NX6
 294. $2WX6 \rightarrow 2NX6$
2NX9
 309. $2JX9 \rightarrow 2NX9$
 18. $2HU3 \rightarrow 2NX9$ [D]
 21. $2HU3 \rightarrow 2NX9$ [D]
 6. $2EU \rightarrow 2NX9$ [D]
2NY9
 315. $2Q3Y9 \rightarrow 2NY9$
 318. $2MY9 \rightarrow 2NY9$
 8. $2G6U \rightarrow 2NY9$ [D]

2P2V

46. $2MV \rightarrow 2P2V$

2P2X

72. $2MX \rightarrow 2P2X$

2PZ

182. $2R1Z \rightarrow 2PZ$

184. $2TZ \rightarrow 2PZ$

2Q1V

52. $2Q2V' \rightarrow 2Q1V''$ [Д]

2Q2V

50. $2Q1V \rightarrow 2Q2V$

2R1X

98. $1W2X \rightarrow 2R1X$

2R1Z

187. $2MZ \rightarrow 2R1Z$

2R5S2

304. $2L3S2 \rightarrow 2R5S2$

2R6X1

222. $1CX1 \rightarrow 2R6X1$

2RX1

227. $2D1X1 \rightarrow 2RX1$

217. $2LX1 \rightarrow 2RX1$ [p1]

218. $1LX1 \rightarrow 2RX1$ [p1]

2TV

48. $1Q2V \rightarrow 2TV$ [O]

54. $2TV' \rightarrow 2TV''$ [Д]

173. $2TZ \equiv 2TV$ ($Z \equiv V$) [o2]

328. $2TY \equiv 2TV$ ($Y \equiv V$) [o2]

2TX

59. $2TV \equiv 2TX$ ($V \equiv X$) [o2]

2TX1

61. $2TV \equiv 2TX1$ ($V \equiv X1$) [o1]

2TX2

64. $2TV \equiv 2TX2$ ($V \equiv X2$) [o1]

2TZ

190. $2PZ' \rightarrow 2TZ''$ [Д]

2TZ1

66. $2TV \equiv 2TZ1$ ($V \equiv Z1$) [o1]

2W1X

102. $1M5X \rightarrow 2W1X$

2W2X

104. $2LX \rightarrow 2W2X$

81. $2MX \rightarrow 2W2X$

2W2X1

225. $2MX1 \rightarrow 2W2X1$

2W2X7

171. $2W2Y \equiv 2W2X7$ ($Y \equiv X7$) [o1, o2]

2W2Y

165. $2MY \rightarrow 2W2Y$

121. $1LX \rightarrow 2W2Y$ [o1, o2, p1, Д]

2W2Z

126. $4P7X \rightarrow 2W2Z$ [Д]

192. $2TZ \rightarrow 2W2Z$ [Д]

2WX

77. $1M4X \rightarrow 2WX$ [O]

118. $2WX' \rightarrow 2WX''$ [Д]

2WX9

137. $2WX \equiv 2WX9$ ($X \equiv X9$) [o1]

**НАЛИЧИЕ НЕНУЛЕВОГО
ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА
ОБЪЕКТА****3E1X**

92. $3NX \rightarrow 3E1X$

3E2X

90. $3NX \rightarrow 3E2X$

3JX1

209. $3KX1 \rightarrow 3JX1$

3KX1

2. $0 \rightarrow 3KX1$

127. $1E2Z4 \rightarrow 3KX1$ [Д]

128. $1E1Z4 \rightarrow 3KX1$ [Д]

3M4X

148. $3Y \rightarrow 3M4X$ [Д]

3M5X

160. $3Y \rightarrow 3M5X$ [Д]

3NX

75. $3W1X \rightarrow 3NX$

145. $3WY \rightarrow 3NX$ [Д]

154. $3WY \rightarrow 3NX$ [Д]

86. $1R1X \rightarrow 3NX$

87. $2R1X \rightarrow 3NX$

298. $3NX6 \equiv 3NX$ ($X6 \equiv X$) [o2]

313. $3NX9 \equiv 3NX$ ($X9 \equiv X$) [o2]

321. $3NY9 \equiv 3NX$ ($Y9 \equiv X$) [o2]

3NX2

39. $3U4 \rightarrow 3NX2$ [Д]

3NX6

295. $3WX6 \rightarrow 3NX6$

3NX9

310. $3JX9 \rightarrow 3NX9$

16. $3U3 \rightarrow 3NX9$ [Д]

19. $3U3 \rightarrow 3NX9$ [Д]

3NY9
 316. $3Q3Y9 \rightarrow 3NY9$
 15. $3U1 \rightarrow 3NY9$ [Д]
3U1
 236. $3Q3X7 \rightarrow 3U1$ [Д]
 290. $3Q3X6 \rightarrow 3U1$ [Д]
3U3
 197. $3JX1 \rightarrow 3U3$ [Д]
3U4
 200. $3JX1 \rightarrow 3U4$ [Д]
3U5
 203. $3J4X1 \rightarrow 3U5$
3WX
 146. $1W2Y \rightarrow 3WX$ [Д]
 147. $2W2Y \rightarrow 3WX$ [Д]

115. $1LX' \rightarrow 3WX''$ [Д]
 116. $2LX' \rightarrow 3WX''$ [Д]
3WX9
 138. $3WX \equiv 3WX9$ ($X \equiv X9$) [о1]
3Y
 124. $1Q1X \rightarrow 3Y$ [Д]
**ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ
ПАРАМЕТРА ОБЪЕКТА**
4FX
 84. $1E1X \rightarrow 4FX$ [О]
 85. $1E2X \rightarrow 4FX$ [О]
4P7X
 107. $1WX \rightarrow 4P7X$
 108. $3WX \rightarrow 4P7X$
 178. $1W2Z \rightarrow 4P7X$ [Д]
 179. $2W2Z \rightarrow 4P7X$ [Д]

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПЕРЕЧЕНЬ ЭФФЕКТОВ

1. $0 \rightarrow 2MY$ ($Y+Z$, $Y \leftrightarrow Z$, $PZ < P3Y$)

Увеличение массы (M) жидкости (Y) ~ наблюдается при том условии, что: 1) жидкость контактирует с газом (Z); 2) жидкость и газ являются различными фазами одного и того же вещества; 3) давление (P) газа меньше давления паров насыщения ($P3$) жидкости.

~ Уменьшение массы жидкости происходит в результате ее испарения.

2. $0 \rightarrow 3KX1$ ($X1+S5$)

Наличие электрического напряжения (K) в проводнике ($X1$) наблюдается при том условии, что проводник подключен к клеммам источника электроэнергии ($S5$).

3. $0 \rightarrow 1C7Y3$ ($Y3+Z$, $Y3 \leftrightarrow Z$, $PZ < P3Y3$)

Увеличение концентрации ($C7$) электролита ($Y3$) ~ наблюдается при том условии, что: 1) электролит контактирует с газом (Z); 2) основа электролита и газ являются различными фазами одного и того же вещества; 3) давление (P) газа меньше давления паров насыщения ($P3$) основы электролита.

~ Увеличение концентрации электролита происходит в результате испарения его основы.

4. $0 \rightarrow 1Q3X7'$ ($X7' \leftrightarrow X7''$, $WX7' > WX7''$)

Увеличение заряда ($Q3$) у диэлектрика 1 ($X7'$) наблюдается при том условии, что: 1) диэлектрик 1 контактирует с диэлектриком 2 ($X7''$); 2) скорость диэлектрика 1 больше скорости диэлектрика 2.

5. $1EU \rightarrow 1NX9$ ($X9 \neq U$, $Q3X9 > 0$, $5Q3X9$) [Д]

6. $2EU \rightarrow 2NX9$ ($X9 \neq U$, $Q3X9 > 0$, $6Q3X9$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (E) электрического поля (U) приводит к увеличению (уменьшению) силы (N), действующей на токопро-

водящее твердое тело ($X9$) при условии, что: 1) токопроводящее твердое тело, имеющее заряд ($Q3$), находится в электрическом поле; 2) заряд токопроводящего твердого тела увеличивается (уменьшается) или постоянен.

7. $1G6U \rightarrow 1NY9$ ($Y9 \neq U$) [Д]

8. $2G6U \rightarrow 2NY9$ ($Y9 = U$) [Д]

Увеличение (уменьшение) градиента напряженности ($G6$) электрического поля (U) приводит к увеличению (уменьшению) силы (N), действующей на твердый диэлектрик ($Y9$) при условии, что он находится в электрическом поле.

9. $1EU \rightarrow 1E1Z4$ ($Z4 \neq U$, $sZ4 = 1$) [Д]

10. $2EU \rightarrow 2E1Z4$ ($Z4 \neq U$, $sZ4 = 1$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (E) электрического поля (U) приводит к увеличению (уменьшению) напряжения растяжения ($E1$) в пьезокристалле ($Z4$) при условии, что: 1) пьезокристалл находится в электрическом поле; 2) степень фиксации (s) пьезокристалла равна 1.

11. $1EU \rightarrow 1LZ4$ ($Z4 \neq U$, $sZ4 \geq 2$) [Д]

12. $2EU \rightarrow 2LZ4$ ($Z4 \neq U$, $sZ4 \geq 2$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (E) электрического поля приводит к увеличению (уменьшению) линейного размера (L) пьезокристалла ($Z4$) при условии, что: 1) пьезокристалл находится в электрическом поле; 2) степень фиксации (s) пьезокристалла больше или равна 2.

13. $1EU \rightarrow 1C3X7$ ($X7 \neq U$, $EU \leq d$) [о2, Д]

14. $2EU \rightarrow 2C3X7$ ($X7 \neq U$, $EU \leq d$) [о2, Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (E) электрического поля (U) приводит к увеличению (уменьшению) диэлектрической проницаемости ($C3$) некоторого диэлектрика ($X7$) при условии, что: 1) диэлектрик находится в электрическом поле; 2) напряженность электрического поля меньше или равно d^* .

~ $X7$ — сегнетоэлектрик, например, сегнетова соль, титанат бария, ди-гидрофосфат.

* Значение параметра d зависит от типа сегнетоэлектрика.

15. $3U1 \rightarrow 3N9Y$ ($Y9 \neq U1$) [Д]

Наличие неоднородного электрического поля ($U1$) приводит к появлению силы (N), действующей на твердый диэлектрик ($Y9$) при условии, что он находится в электрическом поле.

16. $3U3 \rightarrow 3NX9$ ($X9 \neq U3$, $WX9 > 0$, $Q3X9 > 0$) [Д]

Наличие магнитного поля ($U3$) приводит к появлению силы (N), действующей на токопроводящее твердое тело ($X9$), при условии, что: 1) токопроводящее твердое тело, имеющее заряд ($Q3$), находится в магнитном поле; 2) скорость (W) ~ токопроводящего твердого тела больше 0.

~ Угол между векторами скорости токопроводящего твердого тела и напряженностью магнитного поля не равен 0.

17. $1HU3 \rightarrow 1NX9$ ($X9 \neq U3$, $JX9 > 0$, $5JX9$) [Д]

18. $2HU3 \rightarrow 2NX9$ ($X9 \neq U3$, $JX9 > 0$, $6JX9$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению (уменьшению) силы (N), действующей на токопроводящее твердое тело ($X9$), при условии, что: 1) токопроводящее твердое тело находится в магнитном поле; 2) в токопроводящем твердом теле те-

чет электрический ток (J) $\sim$; 3) сила электрического тока J увеличивается (уменьшается) или постоянна.

$\sim$ Угол между вектором напряженности магнитного поля и направлением протекания электрического тока J не равен 0.

19. $3U3 \rightarrow 3NX9$ ($X9 \neq U3$, $JX9 > 0$) [Д]

Наличие магнитного поля ($U3$) приводит к появлению силы (N), действующей на токопроводящее твердое тело ($X9$), при условии, что: 1) токопроводящее твердое тело находится в магнитном поле; 2) в токопроводящем твердом теле течет электрический ток (J) $\sim$.

$\sim$ Угол между вектором напряженности магнитного поля и направлением протекания электрического тока J не равен 0.

20. $1HU3 \rightarrow 1NX9$ ($X9 \neq U3$, $WX9 > 0$, $Q3X9 > 0$, $5WX9$, $5Q3X9$) [Д]

21. $2HU3 \rightarrow 2NX9$ ($X9 \neq U3$, $WX9 > 0$, $Q3X9 > 0$, $6WX9$, $6Q3X9$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению (уменьшению) силы (N), действующей на токопроводящее твердое тело, при условии, что: 1) токопроводящее твердое тело, имеющее заряд ($Q3$), находится в магнитном поле; 2) скорость (W) $\sim$ токопроводящего твердого тела больше 0; 3) скорость W и заряд $Q3$ увеличиваются (уменьшаются) или постоянны.

$\sim$ Угол между векторами скорости токопроводящего твердого тела и напряженностью магнитного поля не равен 0.

22. $1HU3 \rightarrow 1D1X1$ ($X1 \neq U3$) [02, Д]

23. $2HU3 \rightarrow 2D1X1$ ($X1 \neq U3$) [02, Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению (уменьшению) удельного сопротивления ($D1$) некоторого проводника ($X1$) $\sim$ при условии, что он находится в магнитном поле*.

$\sim$ Наиболее сильно данный эффект проявляется у висмута, кремния и германия.

* Угол между вектором напряженности магнитного поля и направлением протекания электрического тока не равен 0.

24. $1G7U3 \rightarrow 1NX2$ ($X2 \neq U3$) [Д]

25. $2G7U3 \rightarrow 2NX2$ ($X2 \neq U3$) [Д]

Увеличение (уменьшение) градиента напряженности ($G7$) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению (уменьшению) силы (N), действующей на ферромагнетик ($X2$), при условии, что он находится в магнитном поле.

26. $1HU3 \rightarrow 1LX2$ ($X2 \neq U3$, $sX2 \geq 2$) [Д]

27. $2HU3 \rightarrow 2LX2$ ($X2 \neq U3$, $sX2 \geq 2$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению (уменьшению) линейного размера (L) ферромагнетика ($X2$) при условии, что: 1) ферромагнетик находится в магнитном поле; 2) степень фиксации (s) ферромагнетика больше или равна 2.

28. $1HU3 \rightarrow 1A4X2$ ($X2 \neq U3$) [Д]

29. $2HU3 \rightarrow 2A4X2$ ($X2 \neq U3$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению (уменьшению) модуля упругости ($A4$) ферромагнетика ($X2$) при условии, что он находится в магнитном поле.

30. $1HU3 \rightarrow 1AX2$ ($X2 \neq U3$) [O, Д]

Увеличение напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению намагниченности (A) ферромагнетика ($X2$) при условии, что он находится в магнитном поле.

31. $1HU3 \rightarrow 1E2X2$ ($X2 \neq U3$, $sX2=1$) [Д]

32. $2HU3 \rightarrow 2E2X2$ ($X2 \neq U3$, $sX2=1$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению (уменьшению) напряжения сжатия ($E2$) ферромагнетика ($X2$) при условии, что: 1) ферромагнетик находится в магнитном поле; 2) степень фиксации (s) ферромагнетика равна 1.

33. $1HU3 \rightarrow 1D2X2$ ($X2 \neq U3$, $HU3 \leq g$) [Д]

34. $2HU3 \rightarrow 2D2X2$ ($X2 \neq U3$, $HU3 \leq g$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению (уменьшению) магнитной проницаемости ($D2$) ферромагнетика ($X2$) при условии, что: 1) ферромагнетик находится в магнитном поле; 2) напряженность магнитного поля меньше или равна g^- .

~ Значение параметра g зависит от типа ферромагнетика.

35. $1HU3 \rightarrow 2L1Z1$ ($Z1 \neq U3$) [Д]

36. $2HU3 \rightarrow 1L1Z1$ ($Z1 \neq U3$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к уменьшению (увеличению) теплопроводности ($L1$) полупроводника ($Z1$) при условии, что он находится в магнитном поле.

37. $1HU3 \rightarrow 1A2Y2$ ($Y2 \neq U3$) [Д]

38. $2HU3 \rightarrow 2A2Y2$ ($P2 \neq U3$) [Д]

Увеличение (уменьшение) напряженности (H) магнитного поля ($U3$) приводит к увеличению (уменьшению) вязкости ферромагнитной жидкости ($Y2$) при условии, что она находится в магнитном поле.

39. $3U4 \rightarrow 3NX2$ ($X2 \neq U4$) [Д]

Наличие неоднородного магнитного поля ($U4$) приводит к появлению силы (N), действующей на ферромагнетик ($X2$), при условии, что он находится в магнитном поле.

40. $3U5 \rightarrow 1Q1X2$ ($X2 \neq U5$) [Д]

Наличие переменного магнитного поля ($U5$) приводит к увеличению количества тепла, подводимого к ферромагнетику ($Q1X2$), при условии, что он находится в магнитном поле.

41. $3U6 \rightarrow 1Q1V$ ($U6+V$) [Д]

Наличие электромагнитного излучения ($U6$) приводит к увеличению количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), при условии, что электромагнитное излучение воздействует на данное вещество.

42. $1E5U6 \rightarrow 1Q1V$ ($U6+V$) [O, Д]

Увеличение мощности ($E5$) электромагнитного излучения ($U6$) приводит к увеличению количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), при условии, что электромагнитное излучение воздействует на вещество.

43. $1E5U6 \rightarrow 1NX$ ($U6+X$) [Д]

44. $2E5U6 \rightarrow 2NX$ ($U6+X$) [Д]

Увеличение (уменьшение) мощности ($E5$) электромагнитного излучения ($U6$) приводит к увеличению (уменьшению) силы (N), действующей на твер-

дое тело, при условии, что электромагнитное излучение воздействует на твердое тело.

45. $1MV \rightarrow 1P2V$ ($V \neq U10$)

46. $2MV \rightarrow 2P2V$ ($V \neq U10$)

Увеличение (уменьшение) массы (M) вещества (V) приводит к увеличению (уменьшению) его веса ($P2$) при условии, что вещество находится в гравитационном поле ($U10$).

47. $1Q1V \rightarrow 1TV$ ($cV=1$) [O]

Увеличение количества тепла, подводимого к веществу, ($Q1V$) приводит к увеличению его температуры (T) при условии, что характеристика теплообмена (c) вещества равна 1.

48. $1Q2V \rightarrow 2TV$ ($cV=2$) [O]

Увеличение количества тепла, отводимого от вещества ($Q2V$), приводит к уменьшению его температуры (T) при условии, что характеристика теплообмена (c) вещества равна 2.

49. $1Q1V \rightarrow 1Q2V$ ($cV=3$)

50. $2Q1V \rightarrow 2Q2V$ ($cV=3$)

Увеличение (уменьшение) количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), приводит к увеличению (уменьшению) отводимого от него количества тепла ($Q2V$) при условии, что характеристика теплообмена (c) вещества равна 3.

51. $1Q2V' \rightarrow 1Q1V''$ ($V' \rightarrow V''$) [D]

52. $2Q2V' \rightarrow 2Q1V''$ ($V' \rightarrow V''$) [D]

Увеличение (уменьшение) количества тепла отводимого от вещества 1 ($Q2V'$), приводит к увеличению (уменьшению) количества тепла, подводимого к веществу 2 ($Q1V''$), при условии, что вещество 1 контактирует с веществом 2.

53. $1TV' \rightarrow 1TV''$ ($V' \rightarrow V''$) [D]

54. $2TV' \rightarrow 2TV''$ ($V' \rightarrow V''$) [D]

Увеличение (уменьшение) температуры (T) вещества 1 (V') приводит к увеличению (уменьшению) температуры вещества 2 (V'') при условии, что вещество 1 контактирует с веществом 2.

55. $1P2V \rightarrow 1NX$ ($V \perp X$, $aX < 3$) [D]

56. $2P2V \rightarrow 2NX$ ($V \perp X$, $aX < 3$) [D]

Увеличение (уменьшение) веса ($P2$) вещества (V) приводит к увеличению (уменьшению) силы (N), действующей на твердое тело (X), при условии, что: 1) вещество расположено сверху твердого тела и контактирует с ним; 2) степень свободы перемещения (a) твердого тела меньше или равна 3.

57. $1Q1V \equiv 1Q1X$ ($V \equiv X$) [$o1$]

Увеличение количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), можно рассматривать как увеличение количества тепла, подводимого к твердому телу ($Q1X$), при условии, что вещество является твердым телом.

58. $1TV \equiv 1TX$ ($V \equiv X$) [$o1$]

59. $2TV \equiv 2TX$ ($V \equiv X$) [$o1$]

Увеличение (уменьшение) температуры (T) вещества (V) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) температуры твердого тела (X) при условии, что вещество является твердым телом.

$$60. 1TV \equiv 1TX1 \ (V \equiv X1) \ [o1]$$

$$61. 2TV \equiv 2TX1 \ (V \equiv X1) \ [o1]$$

Увеличение (уменьшение) температуры (T) вещества (V) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) температуры проводника ($X1$) при условии, что вещество является проводником.

$$62. 1Q1V \equiv 1Q1X7 \ (V \equiv X7) \ [o1]$$

Увеличение количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), можно рассматривать как увеличение количества тепла, подводимого к диэлектрику ($Q1X7$), при условии, что вещество является диэлектриком.

$$63. 1TV \equiv 1TX2 \ (V \equiv X2) \ [o1]$$

$$64. 2TV \equiv 2TX2 \ (V \equiv X2) \ [o1]$$

Увеличение (уменьшение) температуры (T) вещества (V) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) температуры ферромагнетика ($X2$) при условии, что вещество является ферромагнетиком.

$$65. 1TV \equiv 1TZ1 \ (V \equiv Z1) \ [o1]$$

$$66. 2TV \equiv 2TZ1 \ (V \equiv Z1) \ [o1]$$

Увеличение (уменьшение) температуры (T) вещества (V) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) температуры полупроводника ($Z1$) при условии, что вещество является полупроводником.

$$67. 1Q1V \equiv 1Q1Z1 \ (V \equiv Z1) \ [o1]$$

Увеличение количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), можно рассматривать как увеличение количества тепла, подводимого к полупроводнику ($Q1Z1$), при условии, что вещество является полупроводником.

$$68. 1Q1X \equiv 1Q1V \ (X \equiv V) \ [o2]$$

Увеличение количества тепла, подводимого к твердому телу ($Q1X$), можно рассматривать как увеличение количества тепла, подводимого к некоторому веществу ($Q1V$)

$$69. 1MX \equiv 1MV \ (X \equiv V) \ [o2]$$

$$70. 2MX \equiv 2MV \ (X \equiv V) \ [o2]$$

Увеличение (уменьшение) массы (M) твердого тела (X) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) массы некоторого вещества (V).

$$71. 1MX \rightarrow 1P2X \ (X \neq U10)$$

$$72. 2MX \rightarrow 2P2X \ (X \neq U10)$$

Увеличение (уменьшение) массы (M) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) его веса при условии, что твердое тело находится в гравитационном поле ($U10$).

$$73. 1W1X \rightarrow 1NX \ (X \neq Y8, WY8 > WX, FX = 1/4, 5WY8)$$

$$74. 2W1X \rightarrow 2NX \ (X \neq Y8, WY8 > WX, FX = 1/4, 6WY8)$$

$$75. 3W1X \rightarrow 3NX \ (X \neq Y8, WY8 > WX, FX = 1/4, 3WY8)$$

Увеличение (уменьшение, наличие) угловой скорости ($W1$) твердого тела (X), приводит к увеличению (уменьшению, наличию) действующей на него силы (N) при условии, что: 1) твердое тело находится в потоке текущей среды ($Y8$)~; 2) форма (F) твердого тела — цилиндр (1) или шар (4); 3) скорость текущей среды увеличивается (уменьшается) или постоянна.

~ Угол между вектором скорости текущей среды и осью вращения твердого тела не равен 0.

$$76. 1NX \rightarrow 1WX \ (NX = M4X, aX > 2) \ [O]$$

Увеличение силы (N), действующей на движущееся твердое тело (X), приводит к увеличению его скорости (W) при условии, что: 1) действующая на твердое тело сила равна действующей на него силы трения ($M4$); 2) степень свободы перемещения (a) твердого тела больше или равна 2.

77. $1M4X \rightarrow 2WX$ ($WX > 0$) [O]

Увеличение силы трения ($M4$), действующей на движущееся твердое тело ($WX > 0$), приводит к уменьшению его скорости (W).

78. $1A4X \rightarrow 1LX$ ($NX > 0$)

79. $2A4X \rightarrow 2LX$ ($NX > 0$)

Увеличение (уменьшение) модуля упругости ($A4$) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) его линейного размера (L) при условии, что на твердое тело действует сила (N) $\wedge$.

$\wedge$ Сила N сжимает твердое тело. Изменение линейного размера совпадает с направлением действия силы N .

80. $1MX \rightarrow 1W2X$ ($3R1X$)

81. $2MX \rightarrow 2W2X$ ($3R1X$)

Увеличение (уменьшение) массы (M) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) его объема ($W2$) при условии, что плотность ($R1$) твердого тела постоянна.

82. $1NX \rightarrow 1LX$ ($sX = 2$) [O]

83. $1NX \rightarrow 2LX$ ($sX = 2$) [O]

Увеличение силы (N), действующей на твердое тело (X), приводит к увеличению (уменьшению) его длины (L) $\wedge$ при условии, что степень фиксации (s) равна 2.

$\wedge$ В первом случае твердое тело под действием силы N растягивается, а во втором сжимается.

84. $1E1X \rightarrow 4FX$ ($E1X \geq B3X$)

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в твердом теле (X) приводит к изменению его формы (F) при условии, что данное напряжение больше или равно пределу упругости ($B3$) твердого тела.

85. $1E2X \rightarrow 4FX$ ($E2X \geq B3X$)

Увеличение напряженности сжатия ($E2$) в твердом теле (X) приводит к изменению его формы (F) при условии, что данное напряжение больше или равно пределу упругости ($B3$) твердого тела.

86. $1R1X \rightarrow 3NX$ ($X+Y$, $R1X > R1Y$)

87. $2R1X \rightarrow 3NX$ ($X+Y$, $R1X > R1Y$)

Увеличение (уменьшение) плотности ($R1$) твердого тела (X) приводит к появлению действующей на него силы (N) $\wedge$ при условии, что твердое тело плавает на поверхности жидкости (Y).

$\wedge$ В первом случае под действием силы N твердое тело может всплывать, а во втором — погружаться в жидкость.

88. $3NX \rightarrow 1WX$ ($NX > M4X$, $aX \geq 2$)

Наличие силы (N), действующей на твердое тело (X), приводит к увеличению его скорости (W) при условии, что: 1) сила, действующая на твердое тело, больше действующей на него силы трения ($M4$); 2) степень свободы перемещения (a) твердого тела больше или равна 2.

89. $1NX \rightarrow 1E2X$ ($sX=2$)

90. $3NX \rightarrow 3E2X$ ($sX=2$)

Увеличение (наличие) силы (N), действующей на твердое тело (X), приводит к увеличению (появлению) напряжения сжатия ($E2$) при условии, что степень фиксации (s) твердого тела равна 2.

91. $1NX \rightarrow 1E1X$ ($sX=2$)

92. $3NX \rightarrow 3E1X$ ($sX=2$)

Увеличение (наличие) силы (N), действующей на твердое тело (X), приводит к увеличению (появлению) в нем напряжения растяжения ($E1$) при условии, что степень фиксации твердого тела (s) равна 2.

93. $1Q1X \rightarrow 2MX$ ($TX=T2X$, $cX=1$) [O]

Увеличение количества тепла, подводимого к твердому телу ($Q1X$), приводит к уменьшению его массы (M) при условии, что: 1) температура (T) твердого тела равна температуре его плавления ($T2$); 2) характеристика теплообмена твердого тела (c) равна 1.

94. $1LX \rightarrow 1NX$ ($X \sim Y8$, $WY8 > WX$, $5WY8$)

95. $2LX \rightarrow 2NX$ ($X \sim Y8$, $WY8 > WX$, $6WY8$)

Увеличение (уменьшение) линейного размера (L) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) действующей на него силы (N) при условии, что: 1) твердое тело находится в потоке текучей среды ($Y8$); 2) скорость текучей среды увеличивается (уменьшается) или постоянна.

96. $1W1X \rightarrow 1E1X$ ($bX \geq 2$)

97. $2W1X \rightarrow 2E1X$ ($bX \geq 2$)

Увеличение (уменьшение) угловой скорости ($W1$) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) в нем напряжения растяжения ($E1$) ~ при условии, что степень свободы вращения (b) твердого тела больше или равна 2.

^ Вектор напряжения растяжения перпендикулярен оси вращения твердого тела.

98. $1W2X \rightarrow 2R1X$ ($3MX$)

99. $2W2X \rightarrow 1R1X$ ($3MX$)

Увеличение (уменьшение) объема ($W2$) твердого тела (X) приводит к уменьшению (увеличению) его плотности ($R1$) при условии, что масса (M) твердого тела постоянна.

100. $1NX' \rightarrow 1M4X'$ ($X' + X''$)

101. $2NX' \rightarrow 2M4X'$ ($X' + X''$)

Увеличение (уменьшение) силы (N) ^, действующей на твердое тело 1 (X'), приводит к увеличению (уменьшению) действующей на него силы трения ($M4$) при условии, что твердое тело 1 контактирует с твердым телом 2 (X'').

~ Сила N прижимает твердое тело 1 к твердому телу 2.

102. $1M5X \rightarrow 2W1X$ ($bX \geq 2$)

Увеличение момента трения ($M5$), действующего на твердое тело (X), приводит к уменьшению его угловой скорости ($W1$) при условии, что степень свободы вращения (b) твердого тела больше или равна 2.

103. $1LX \rightarrow 1W2X$

104. $2LX \rightarrow 2W2X$

Увеличение (уменьшение) линейного размера (L) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) его объема ($W2$).

105. $1W2X \rightarrow 1LX$

106. $2W2X \rightarrow 2LX$

Увеличение (уменьшение) объема ($W2$) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) его линейного размера (L).

107. $1WX \rightarrow 4P7X$ ($aX \geq 2$)

108. $3WX \rightarrow 4P7X$ ($aX \geq 2$)

Увеличение (наличие) у твердого тела (X) скорости (W) приводит к изменению его положения ($P7$) при условии, что степень свободы перемещения (a) твердого тела равна или больше 2.

109. $1TX \rightarrow 1LX$ ($sX \geq 2$)

110. $2TX \rightarrow 2LX$ ($sX \geq 2$)

Увеличение (уменьшение) температуры (T) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) его линейного размера (L) при условии, что степень фиксации (s) твердого тела больше или равна 2.

111. $1TX \rightarrow 1E2X$ ($sX = 1$) [O]

Увеличение температуры (T) твердого тела (X) приводит к увеличению $\sim$ в нем напряжения сжатия ($E2$) при условии, что степень фиксации (s) твердого тела равна 1.

$\sim$ В начале процесса нагрева твердого тела механическое напряжение в нем равно 0.

112. $2TX \rightarrow 1E1X$ ($sX = 1$) [O]

Уменьшение температуры (T) твердого тела (X) приводит к увеличению $\sim$ в нем напряжения растяжения ($E1$) при условии, что степень фиксации (s) твердого тела равна 1.

$\sim$ В начале процесса охлаждения твердого тела механическое напряжение в нем равно 0.

113. $1E2X' \rightarrow 1E2X''$ ($X' \dashv X''$, $sX' = 1$, $sX'' = 1$) [D]

114. $2E2X' \rightarrow 2E2X''$ ($X' \dashv X''$, $sX' = 1$, $sX'' = 1$) [D]

Увеличение (уменьшение) напряжения сжатия ($E2$) в твердом теле 1 (X') приводит к увеличению (уменьшению) напряжения сжатия твердого тела 2 (X'') при условии, что: 1) твердое тело 1 контактирует с твердым телом 2; 2) степень фиксации (s) твердого тела 1 и 2 равна 1.

115. $1LX' \rightarrow 3WX''$ ($X' \bullet X''$) [D]

116. $2LX' \rightarrow 3WX''$ ($X' \bullet X''$) [D]

Увеличение (уменьшение) линейного размера (L) твердого тела 1 (X') приводит к появлению скорости (W) у твердого тела 2 (X'') при условии, что: 1) твердое тело 2 фиксировано по отношению к твердому телу 1.

117. $1WX' \rightarrow 1WX''$ ($X' \bullet X''$) [D]

118. $2WX' \rightarrow 2WX''$ ($X' \bullet X''$) [D]

Увеличение (уменьшение) скорости (W) твердого тела 1 (X') приводит к увеличению (уменьшению) скорости твердого тела 2 (X'') при условии, что твердое тело 1 фиксировано относительно твердого тела 2.

119. $1LX \rightarrow 1GY$ ($Y \neq X$, $WY > WX$, $FX = 5$, $5WY$) [$p1, D$]

120. $2LX \rightarrow 2GY$ ($Y \neq X$, $WY > WX$, $FX = 5$, $6WY$) [$p1, D$]

Увеличение (уменьшение) некоторого линейного размера (L) твердого

тела приводит к увеличению (уменьшению) расхода (G) жидкости (Y) при условии, что: 1) твердое тело — трубка ($FX=5$); 2) L — внутренний диаметр трубки; 3) жидкость течет внутри трубки; 4) скорость (W) жидкости увеличивается (уменьшается) или постоянна.

121. $1LX \rightarrow 2W2Y$ ($X * S6, Y * S6, Y \neq X$) [$o1, o2, p1, D$]

122. $2LX \rightarrow 1W2Y$ ($X * S6, Y * S6, Y \neq X$) [$o1, o2, p1, D$]

Увеличение (уменьшение) линейного размера (L) некоторого твердого тела (X) приводит к уменьшению (увеличению) объема жидкости (Y) при условии, что: 1) X — капилляр; 2) L — диаметр капилляра; 3) капилляр и жидкость являются элементами капиллярного устройства ($S6$); 4) жидкость находится внутри капилляра.

$\sim Y$ — жидкость, смачивающая данное твердое тело.

123. $1Q1X \rightarrow 1MY$ ($X \leftrightarrow Y, TX=T2X$) [O, D]

Увеличение количества тепла, подводимого к твердому телу ($Q1X$), приводит к увеличению массы (M) жидкости (Y) при условии, что: 1) твердое тело и жидкость являются различными фазами одного и того же вещества; 2) температура (T) твердого тела равна температуре его плавления ($T2$).

124. $1Q1X \rightarrow 3Y$ ($X \leftrightarrow Y, TX=T2X$) [$o2, D$]

Увеличение количества тепла, подводимого к твердому телу ($Q1X$), приводит к появлению жидкости (Y) при условии, что: 1) твердое тело и жидкость являются различными фазами одного и того же вещества; 2) температура (T) твердого тела равна температуре его плавления ($T2$).

125. $4P7X \rightarrow 1W2Z$ ($X * S3, Z * S3$) [D]

126. $4P7X \rightarrow 2W2Z$ ($X * S3, Z * S3$) [D]

Изменение положения ($P7$) твердого тела (X) приводит к увеличению (уменьшению) объема ($W2$) газа (Z) при условии, что твердое тело и газ являются элементами системы $S3\sim$.

$\sim S3$ — цилиндр-поршень (сильфон) с газом; X — поршень (оболочка сильфона); Z — газ внутри цилиндра (сильфона).

127. $1E2Z4 \rightarrow 3KX1$ ($Z4 * S1, X1+S1$) [D]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в пьезокристалле ($Z4$) приводит к появлению в проводнике ($X1$) электрического напряжения (K) при условии, что: 1) пьезокристалл является прокладкой конденсатора ($S1$); 2) проводник подключен к клеммам конденсатора.

128. $1E1Z4 \rightarrow 3KX1$ ($Z4 * S1, X1+S1$) [D]

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в пьезокристалле ($Z4$) приводит к появлению в проводнике ($X1$) электрического напряжения (K) при условии, что: 1) пьезокристалл является прокладкой конденсатора ($S1$); 2) проводник подключен к клеммам конденсатора.

129. $1E1X9 \rightarrow 1D1X9$ [O]

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в токопроводящем твердом теле ($X9$) приводит к увеличению его удельного сопротивления ($D1$).

130. $1E2X9 \rightarrow 2D1X9$ [O]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в токопроводящем твердом теле ($X9$) приводит к уменьшению его удельного сопротивления ($D1$).

131. $1E1X \equiv 1E1X2$ ($X \equiv X2$) [$o1$]

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в твердом теле (X) можно

рассматривать как увеличение напряжения растяжения в ферромагнетике ($X2$) при условии, что твердое тело является ферромагнетиком.

$$132. \quad 1E2X \equiv 1E2X2 \quad (X=X2) \quad [o1]$$

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в твердом теле (X) можно рассматривать как увеличение напряжения сжатия в ферромагнетике ($X2$) при условии, что твердое тело является ферромагнетиком.

$$133. \quad 1E2X \equiv 1E2Z1 \quad (X=Z1) \quad [o1]$$

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в твердом теле (X) можно рассматривать как увеличение напряжения сжатия в полупроводнике ($Z1$) при условии, что твердое тело является полупроводником.

$$134. \quad 1E1X \equiv 1E1Z1 \quad (X=Z1) \quad [o1]$$

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в твердом теле (X) можно рассматривать как увеличение напряжения растяжения в полупроводнике ($Z1$) при условии, что твердое тело является полупроводником.

$$135. \quad 1E1X \equiv 1E1X9 \quad (X=X9) \quad [o1]$$

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в твердом теле (X) можно рассматривать как увеличение напряжения растяжения в токопроводящем твердом теле ($X9$) при условии, что твердое тело проводит электрический ток.

$$136. \quad 1WX \equiv 1WX9 \quad (X=X9) \quad [o1]$$

$$137. \quad 2WX \equiv 2WX9 \quad (X=X9) \quad [o1]$$

$$138. \quad 3WX \equiv 3WX9 \quad (X=X9) \quad [o1]$$

Увеличение (уменьшение, наличие) скорости (W) твердого тела (X) можно рассматривать как увеличение (уменьшение, наличие) скорости токопроводящего твердого тела ($X9$) при условии, что твердое тело проводит электрический ток.

$$139. \quad 1E1X \equiv 1E1Z4 \quad (X=Z4) \quad [o1]$$

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в твердом теле (X) можно рассматривать как увеличение напряжения растяжения в пьезокристалле ($Z4$) при условии, что твердое тело является пьезокристаллом.

$$140. \quad 1E2X \equiv 1E2Z4 \quad (X=Z4) \quad [o1]$$

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в твердом теле (X) можно рассматривать как увеличение напряжения сжатия в пьезокристалле ($Z4$) при условии, что твердое тело является пьезокристаллом.

$$141. \quad 1MY \equiv 1MV \quad (Y=V) \quad [o2]$$

$$142. \quad 2MY \equiv 2MV \quad (Y=V) \quad [o2]$$

Увеличение (уменьшение) массы (M) жидкости (Y) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) массы некоторого вещества (V).

$$143. \quad 1WY \rightarrow 1NX \quad (Y \rightarrow X, WY > WX, 5WY) \quad [D]$$

$$144. \quad 2WY \rightarrow 2NX \quad (Y \rightarrow X, WY > WX, 6WY) \quad [D]$$

$$145. \quad 3WY \rightarrow 3NX \quad (Y \rightarrow X, WY > WX, 3WY) \quad [D]$$

Увеличение (уменьшение, наличие) скорости (W) жидкости (Y) приводит к увеличению (уменьшению, наличию) силы (N), действующей на твердое тело (X), при условии, что: 1) твердое тело находится в потоке жидкости; 2) скорость жидкости увеличивается (уменьшается) или постоянна.

$$146. \quad 1W2Y \rightarrow 3WX \quad (X \rightarrow Y, R1X < R1Y, \alpha X > 2) \quad [D]$$

$$147. \quad 2W2Y \rightarrow 3WX \quad (X \rightarrow Y, R1X < R1Y, \alpha X > 2) \quad [D]$$

Увеличение (уменьшение) объема ($W2$) жидкости (Y) приводит к по-

явлению скорости (W) у твердого тела (X) при условии, что: 1) твердое тело плавает на поверхности жидкости; 2) степень свободы перемещения (a) твердого тела больше или равна 2.

148. $3Y \rightarrow 3M4X$ ($Y \rightarrow X$) [D]

Наличие жидкости (Y) приводит к появлению силы трения ($M4$), действующей на твердое тело, при условии, что оно контактирует с жидкостью.

149. $3Y \rightarrow 1W2X$ ($Y \rightarrow X$, $sX \geq 2$) [$o1, o2, D$]

Наличие некоторой жидкости (Y) приводит к увеличению объема ($W2$) некоторого твердого тела (X) * при условии, что: 1) жидкость контактирует с твердым телом; 2) степень фиксации (s) твердого тела больше или равна 2.

* X — пористый материал, например, древесина.

$\wedge Y$ — жидкость, смачивающая данное твердое тело, например, вода и спирт.

150. $3Y \rightarrow 1E2X$ ($Y \rightarrow X$, $sX = 1$) [$o1, o2, D$]

Наличие некоторой жидкости (Y) приводит к увеличению напряжения сжатия ($E2$) в некотором твердом теле (X) * при условии, что: 1) жидкость контактирует с твердым телом; 2) степень фиксации (s) твердого тела равна 1.

* X — пористый материал, например, древесина.

$\wedge Y$ — жидкость, смачивающая данное твердое тело, например, вода и спирт.

151. $3Y \rightarrow 1Q1X$ ($Y \rightarrow X$, $WX > WY$) [D]

Наличие жидкости (Y) приводит к увеличению количества тепла, подводимого к твердому телу ($Q1X$), при условии, что оно движется в жидкости.

152. $1WY \rightarrow 1NX$ ($X \neq Y8$, $WY > WX$, $W1X > 0$, $FX = 1/4$, $5W1X$) [D]

153. $2WY \rightarrow 2NX$ ($X \neq Y8$, $WY > WX$, $W1X > 0$, $FX = 1/4$, $6W1X$) [D]

154. $3WY \rightarrow 3NX$ ($X \neq Y8$, $WY > WX$, $W1X > 0$, $FX = 1/4$, $3W1X$) [D]

Увеличение (уменьшение, наличие) скорости (W) жидкости (Y) приводит к увеличению (уменьшению, наличию) силы (N), действующей на твердое тело (X), при условии, что: 1) твердое тело находится в потоке жидкости; 2) угловая скорость ($W1$) твердого тела больше 0; 3) форма (F) твердого тела — цилиндр (1) или шар (4); 4) угловая скорость твердого тела увеличивается (уменьшается) или постоянна.

$\wedge$ Угол между направлением течения жидкости и осью вращения твердого тела не равен 0.

155. $1A2Y \rightarrow 1M4X$ ($Y \rightarrow X$) [D]

156. $2A2Y \rightarrow 2M4X$ ($Y \rightarrow X$) [D]

Увеличение (уменьшение) вязкости ($A2$) жидкости (Y) приводит к увеличению (уменьшению) силы трения ($M4$), действующей на твердое тело (X), при условии, что оно контактирует с жидкостью.

157. $1WY \rightarrow 1Q1X$ ($Y \rightarrow X$, $WY > WX$) [O, D]

Увеличение скорости (W) жидкости (Y) приводит к увеличению количества тепла, подводимого к твердому телу ($Q1X$), при условии, что оно находится в потоке жидкости.

158. $1A2Y \rightarrow 1M5X$ ($Y \dashv X$) [Д]

159. $2A2Y \rightarrow 2M5X$ ($Y \dashv X$) [Д]

Увеличение (уменьшение) вязкости ($A2$) жидкости (Y) приводит к увеличению (уменьшению) момента трения ($M5$), действующего на твердое тело (X), при условии, что оно контактирует с жидкостью.

160. $3Y \rightarrow 3M5X$ ($Y \dashv X$) [Д]

Наличие жидкости (Y) приводит к появлению момента трения ($M5$), действующего на твердое тело (X), при условии, что оно контактирует с жидкостью.

161. $1TY \rightarrow 2A2Y$

162. $2TY \rightarrow 1A2Y$

Увеличение (уменьшение) температуры (T) жидкости (Y) приводит к уменьшению (увеличению) ее вязкости ($A2$).

163. $1Q2Y \rightarrow 2MY$ ($TY = T6Y$, $cY = 2$) [О]

Увеличение количества тепла, отводимого от жидкости ($Q2Y$), приводит к уменьшению ее массы (M) ~ при условии, что: 1) температура (T) жидкости равна температуре ее отвердения ($T6$); 2) характеристика теплообмена (c) равна 2.

~ Уменьшение массы жидкости происходит в результате отвердения некоторой ее части.

164. $1MY \rightarrow 1W2Y$ ($3R1Y$)

165. $2MY \rightarrow 2W2Y$ ($3R1Y$)

Увеличение (уменьшение) массы (M) жидкости (Y) приводит к увеличению (уменьшению) ее объема ($W2$) при условии, что плотность ($R1$) жидкости постоянна.

166. $1TY \rightarrow 1MZ$ ($Y \dashv Z$, $TY < T3Y$, $sY = 2$, $sZ = 1$) [Д]

167. $2TY \rightarrow 2MZ$ ($Y \dashv Z$, $TY < T3Y$, $sY = 2$, $sZ = 1$) [Д]

Увеличение (уменьшение) температуры (T) жидкости (Y) приводит к увеличению (уменьшению) массы (M) газа (Z) ~ при условии, что: 1) жидкость и газ являются различными фазами одного и того же вещества; 2) температура жидкости меньше температуры ее кипения ($T3$); 3) степень фиксации (s) жидкости равна 2, а газа — 1.

~ Изменение массы газа происходит в результате испарения и конденсации жидкости.

168. $1MY \equiv 1MY3$ ($Y \equiv Y3$) [о1]

169. $2MY \equiv 2MY3$ ($Y \equiv Y3$) [о1]

Увеличение (уменьшение) массы некоторой жидкости (Y) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) массы электролита ($Y3$) при условии, что жидкость является электролитом.

170. $1W2Y \equiv 1W2X7$ ($Y \equiv X7$) [о1, о2]

171. $2W2Y \equiv 2W2X7$ ($Y \equiv X7$) [о1, о2]

Увеличение (уменьшение) объема ($W2$) некоторой жидкости (Y) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) объема некоторого диэлектрика ($X7$) при условии, что жидкость является диэлектриком.

172. $1TZ \equiv 1TV$ ($Z \equiv V$) [о2]

173. $2TZ \equiv 2TV$ ($Z \equiv V$) [о2]

Увеличение (уменьшение) температуры (T) газа (Z) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) температуры некоторого вещества (V).

174. $1PZ' \rightarrow 1NX$ ($Z' + X$, $X + Z''$, $PZ' > PZ''$) [Д]

175. $2PZ' \rightarrow 2NX$ ($Z' + X$, $X + Z''$, $PZ' > PZ''$) [Д]

Увеличение (уменьшение) давления (P) газа 1 (Z') приводит к увеличению (уменьшению) силы (N), действующей на твердое тело (X), при условии, что: 1) газ 1 контактирует с твердым телом (X); 2) твердое тело контактирует с газом 2 (Z''); 3) давление газа 1 больше давления газа 2.

176. $1PZ' \rightarrow 2NX$ ($Z' + X$, $X + Z''$, $PZ' < PZ''$) [Д]

177. $2PZ' \rightarrow 1NX$ ($Z' + X$, $X + Z''$, $PZ' < PZ''$) [Д]

Увеличение (уменьшение) давления (P) газа 1 (Z') приводит к уменьшению (увеличению) силы (N), действующей на твердое тело (X) при условии, что: 1) газ 1 контактирует с твердым телом; 2) твердое тело контактирует с газом 2 (Z''); 3) давление газа 1 меньше давления газа 2.

178. $1W2Z \rightarrow 4P7X$ ($Z * S3$, $X * S3$) [Д]

179. $2W2Z \rightarrow 4P7X$ ($Z * S3$, $X * S3$) [Д]

Увеличение (уменьшение) объема ($W2$) газа (Z) приводит к изменению положения ($P7$) твердого тела (X) при условии, что газ и твердое тело является элементом системы $S3\sim$.

$\sim S3$ — цилиндр-поршень (сильфон) с газом; X — поршень (оболочка сильфона); Z — газ внутри цилиндра (сильфона).

180. $1Q2Z \rightarrow 1MY$ ($Z \leftrightarrow Y$, $TZ = T3Z$, $cZ = 2$) [О, Д]

Увеличение количества тепла, отводимого от газа ($Q2Z$), приводит к увеличению массы (M) жидкости (Y) при условии, что: 1) газ и жидкость являются различными фазами одного и того же вещества; 2) температура (T) газа равна температуре его конденсации ($T3$); 3) характеристика теплообмена (c) равна 2.

$\sim$ Увеличение массы жидкости происходит в результате конденсации газа.

181. $1R1Z \rightarrow 1PZ$ ($3MZ$)

182. $2R1Z \rightarrow 2PZ$ ($3MZ$)

Увеличение (уменьшение) плотности ($R1$) газа (Z) приводит к увеличению (уменьшению) его давления (P) при условии, что масса (M) газа постоянна.

183. $1TZ \rightarrow 1PZ$ ($3MZ$)

184. $2TZ \rightarrow 2PZ$ ($3MZ$)

Увеличение (уменьшение) температуры (T) газа (Z) приводит к увеличению (уменьшению) его давления (P) при условии, что масса (M) газа постоянна.

185. $1MZ \rightarrow 1R1Z$ ($3W2Z$)

186. $2MZ \rightarrow 2R1Z$ ($3W2Z$)

Увеличение (уменьшение) массы (M) газа (Z) приводит к увеличению (уменьшению) его плотности ($R1$) при условии, что объем ($W2$) газа постоянен.

187. $1R1Z \rightarrow 1C3Z$

188. $2R1Z \rightarrow 2C3Z$

Увеличение (уменьшение) плотности ($R1$) газа (Z) приводит к увеличению (уменьшению) его диэлектрической проницаемости ($C3$).

189. $1PZ' \rightarrow 1TZ''$ ($Z' * S4, Z'' * S4$) [Д]

190. $1PZ' \rightarrow 2TZ''$ ($Z' * S4, Z'' * S4$) [Д]

Увеличение (уменьшение) давления (P) газа 1 (Z') приводит к увеличению (уменьшению) температуры газа 2 (Z'') при условии, что газы (Z') и (Z'') являются элементами системы $S4 \wedge$.

$\wedge S4$ — дроссельное устройство; Z' — газ на входе в дроссельное устройство; Z'' — газ на выходе из дроссельного устройства.

191. $1TZ' \rightarrow 1W2Z'$ ($Z' * S3, S3 \# Z'', PZ' = PZ''$)

192. $2TZ' \rightarrow 2W2Z'$ ($Z' * S3, S3 \# Z'', PZ' = PZ''$)

Увеличение (уменьшение) температуры (T) газа 1 (Z') приводит к увеличению (уменьшению) его объема ($W2$) при условии, что: 1) газ является элементом системы $S3 \wedge$; 2) система $S3$ находится внутри газа 2 (Z''); 3) давление (P) газа 1 равно давлению газа 2.

$\wedge S3$ — система цилиндр-поршень (сильфон); Z' — газ, находящийся внутри системы цилиндра-поршень (сильфона).

193. $1C3Z \equiv 1C3X7$ ($Z \equiv X7$) [o2]

194. $2C3Z \equiv 2C3X7$ ($Z \equiv X7$) [o2]

Увеличение (уменьшение) диэлектрической проницаемости ($C3$) газа (Z) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) диэлектрической проницаемости диэлектрика ($X7$).

195. $1JX1 \rightarrow 1HU3$ [Д]

196. $2JX1 \rightarrow 2HU3$ [Д]

Увеличение (уменьшение) силы электрического тока (J), текущего в проводнике ($X1$), приводит к увеличению (уменьшению) напряженности (H) магнитного поля ($U3$).

197. $3JX1 \rightarrow 3U3$ [Д]

Наличие в проводнике ($X1$) электрического тока силой J приводит к появлению магнитного поля ($U3$).

198. $1H7X1 \rightarrow 1G7U3$ ($JX1 > 0$) [Д]

199. $2H7X1 \rightarrow 2G7U3$ ($JX1 > 0$) [Д]

Увеличение (уменьшение) кривизны поверхности ($H7$) проводника ($X1$) приводит к увеличению (уменьшению) градиента напряжения ($G7$) магнитного поля ($U3$) при условии, что в проводнике течет электрический ток силой J .

200. $3JX1 \rightarrow 3U4$ [Д]

Наличие в проводнике ($X1$) электрического тока силой J приводит к появлению неоднородного магнитного поля ($U4$).

201. $1J4X1 \rightarrow 1HU5$ [Д]

202. $2J4X1 \rightarrow 2HU5$ [Д]

Увеличение (уменьшение) силы переменного электрического тока ($J4$), текущего в проводнике ($X1$), приводит к увеличению (уменьшению) напряженности переменного магнитного поля ($U5$).

203. $3J4X1 \rightarrow 3U5$

Наличие в проводнике ($X1$) переменного электрического тока силой $J4$

приводит к появлению переменного магнитного поля ($U5$).

204. $1TX1 \rightarrow 1E5U6$ [Д]

205. $2TX1 \rightarrow 2E5U6$ [Д]

Увеличение (уменьшение) температуры (T) проводника ($X1$) приводит к увеличению (уменьшению) мощности ($E5$) электромагнитного излучения ($U6$).

206. $1Q1X1 \equiv 1Q1V$ ($X1 \equiv V$) [о2]

Увеличение количества тепла, подводимого к проводнику ($Q1X1$), можно рассматривать как увеличение количества тепла, подводимого к некоторому веществу ($Q1V$).

207. $1KX1 \rightarrow 1JX1$

208. $2KX1 \rightarrow 2JX1$

Увеличение (уменьшение) электрического напряжения (K) в проводнике ($X1$) приводит к увеличению (уменьшению) силы текущего в нем электрического тока (J).

209. $3KX1 \rightarrow 3JX1$

Наличие электрического напряжения (K) в проводнике ($X1$) приводит к появлению в нем электрического тока силой J .

210. $1JX1 \rightarrow 1Q1X1$ [О]

Увеличение силы электрического тока (J), текущего в проводнике ($X1$), приводит к увеличению подводимого к нему количества тепла ($Q1X1$).

211. $3JX1 \rightarrow 1Q1X1$ [О]

Наличие в проводнике ($X1$) электрического тока силой J приводит к увеличению подводимого к нему количества тепла ($Q1X1$).

212. $1RX1 \rightarrow 2JX1$ ($KX1 > 0$, $6KX1$)

213. $2RX1 \rightarrow 1JX1$ ($KX1 > 0$, $5KX1$)

Увеличение (уменьшение) сопротивления (R) проводника ($X1$) приводит к уменьшению (увеличению) силы электрического тока, текущего в проводнике при условии, что: 1) электрическое напряжение (K) в проводнике больше 0, 2) электрическое напряжение в проводнике уменьшается (увеличивается) или постоянно.

214. $1R6X1 \rightarrow 2J4X1$ ($K6X1 > 0$, $6K6X1$)

215. $2R6X1 \rightarrow 1J4X1$ ($K6X1 > 0$, $5K6X1$)

Увеличение (уменьшение) емкостного сопротивления ($R6$) проводника ($X1$) приводит к уменьшению (увеличению) силы переменного электрического тока ($J4$), текущего в проводнике, при условии, что: 1) переменное электрическое напряжение ($K6$) в проводнике больше 0; 2) переменное электрическое напряжение в проводнике уменьшается (увеличивается) или постоянно.

216. $1LX1 \rightarrow 1RX1$ [р1]

217. $2LX1 \rightarrow 2RX1$ [р1]

Увеличение (уменьшение) некоторого линейного размера (L) проводника ($X1$) приводит к увеличению (уменьшению) его сопротивления (R).

$\wedge L$ — длина проводника.

218. $1LX1 \rightarrow 2RX1$ [р1]

219. $2LX1 \rightarrow 1RX1$ [р1]

Увеличение (уменьшение) некоторого линейного размера (L) ~ проводника ($X1$) приводит к уменьшению (увеличению) его сопротивления (R).

~ L — линейный размер, определяющий площадь поперечного сечения проводника. Например, диаметр — для проводника круглого сечения.

220. $1W2X1 \rightarrow 1LX1$

221. $2W2X1 \rightarrow 2LX1$

Увеличение (уменьшение) объема ($W2$) проводника ($X1$) приводит к увеличению (уменьшению) его линейного размера (L).

222. $1CX1 \rightarrow 2R6X1$

223. $2CX1 \rightarrow 1R6X1$

Увеличение (уменьшение) емкости (C) проводника ($X1$) приводит к уменьшению (увеличению) его емкостного сопротивления ($R6$).

224. $1MX1 \rightarrow 1W2X1$ ($3R1X1$)

225. $2MX1 \rightarrow 2W2X1$ ($3R1X1$)

Увеличение (уменьшение) массы (M) проводника ($X1$) приводит к увеличению (уменьшению) его объема ($W2$) при условии, что плотность ($R1$) проводника постоянна.

226. $1D1X1 \rightarrow 1RX1$

227. $2D1X1 \rightarrow 2RX1$

Увеличение (уменьшение) удельного сопротивления ($D1$) проводника ($X1$) приводит к увеличению (уменьшению) его электрического сопротивления (R).

228. $1MY3 \equiv 1MX1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]

229. $2MY3 \equiv 2MX1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]

Увеличение (уменьшение) массы (M) электролита ($Y3$) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) массы некоторого проводника ($X1$).

230. $1D1Y3 \equiv 1D1X1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]

231. $2D1Y3 \equiv 2D1X1$ ($Y3 \equiv X1$) [o2]

Увеличение (уменьшение) удельного сопротивления ($D1$) электролита ($Y3$) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) удельного сопротивления некоторого проводника ($X1$).

232. $1C7Y3 \rightarrow 2D1Y3$

233. $2C7Y3 \rightarrow 1D1Y3$

Увеличение (уменьшение) концентрации раствора ($C7$) электролита ($Y3$) приводит к уменьшению (увеличению) его удельного сопротивления ($D1$).

234. $1Q3X7 \rightarrow 1EU$ [Д]

235. $2Q3X7 \rightarrow 2EU$ [Д]

Увеличение (уменьшение) электрического заряда ($Q3$) у диэлектрика ($X7$) приводит к увеличению (уменьшению) напряженности (E) электрического поля (U).

236. $3Q3X7 \rightarrow 3U1$ [Д]

Наличие электрического заряда ($Q3$) у диэлектрика ($X7$) приводит к появлению неоднородного электрического поля ($U1$).

237. $1Q1X7 \rightarrow 2C3X7$ ($TX7 = T4X7$, $cX7 = 1$) [o1, o2, O]

Увеличение количества тепла, подводимого к некоторому диэлектрику

$(Q1X7)^{\sim}$, приводит к уменьшению его диэлектрической проницаемости ($C3$) при условии, что: 1) температура (T) диэлектрика равна температуре точки Кюри ($T4$); 2) характеристика теплообмена (c) диэлектрика равна 1.

$\sim X7$ — сегнетоэлектрик, например, сегнетова соль, нитрат бария, дигидрофосфат калия.

238. $1TX7 \rightarrow 1C3X7$

239. $2TX7 \rightarrow 2C3X7$

Увеличение (уменьшение) температуры (T) диэлектрика ($X7$) приводит к увеличению (уменьшению) его диэлектрической проницаемости ($C3$).

240. $1W2X7 \rightarrow 1LX7$

241. $2W2X7 \rightarrow 2LX7$

Увеличение (уменьшение) объема ($W2$) диэлектрика ($X7$) приводит к увеличению (уменьшению) его линейного размера (L).

242. $1LX7 \rightarrow 1CS1 (X7 * S1) [p1, D]$

243. $2LX7 \rightarrow 2CS1 (X7 * S1) [p1, D]$

Увеличение некоторого линейного размера (L) диэлектрика ($X7$) приводит к увеличению емкости (C) конденсатора ($S1$) при условии, что диэлектрик является прокладкой конденсатора.

$\sim L$ — линейный размер, характеризующий площадь прокладки конденсатора.

244. $1LX7 \rightarrow 2CS1 (X7 * S1) [p1, D]$

245. $2LX7 \rightarrow 1CS1 (X7 * S1) [p1, D]$

Увеличение (уменьшение) некоторого линейного размера (L) диэлектрика ($X7$) приводит к уменьшению (увеличению) емкости (C) конденсатора ($S1$) при условии, что диэлектрик является прокладкой конденсатора.

$\sim L$ — линейный размер, характеризующий расстояние между обкладками конденсатора.

246. $1C3X7 \rightarrow 2CS1 (X7 * S1) [D]$

247. $2C3X7 \rightarrow 1CS1 (X7 * S1) [D]$

Увеличение (уменьшение) диэлектрической проницаемости ($C3$) диэлектрика ($X7$) приводит к уменьшению (увеличению) емкости (C) конденсатора ($S1$) при условии, что диэлектрик является прокладкой конденсатора.

248. $1W2X7 \rightarrow 1CX6 (X6 \sim X7) [D]$

249. $2W2X7 \rightarrow 2CX6 (X6 \sim X7) [D]$

Увеличение (уменьшение) объема ($W2$) диэлектрика ($X7$) приводит к увеличению (уменьшению) емкости (C) металлического проводника ($X6$) при условии, что металлический проводник контактирует с диэлектриком.

250. $1C3X7 \rightarrow 2CX6 (X6 \sim X7) [D]$

251. $2C3X7 \rightarrow 1CX6 (X6 \sim X7) [D]$

Увеличение (уменьшение) диэлектрической проницаемости ($C3$) диэлектрика ($X7$) приводит к уменьшению (увеличению) емкости (C) металлического проводника ($X6$) при условии, что металлический проводник контактирует с диэлектриком.

252. $1AX2 \rightarrow 1HU3 [D]$

253. $2AX2 \rightarrow 2HU3 [D]$

Увеличение (уменьшение) намагниченности (A) ферромагнетика ($X2$)

приводит к увеличению (уменьшению) напряженности (H) магнитного поля ($U3$).

254. $1Q1X2 \equiv 1Q1V$ ($X2 \equiv V$) [$o2$]

Увеличение количества тепла, подводимого к ферромагнетику ($Q1X2$), можно рассматривать как увеличение количества тепла, подводимого к некоторому веществу ($Q1V$).

255. $1NX2 \equiv 1NX$ ($X2 \equiv X$) [$o2$]

256. $2NX2 \equiv 2NX$ ($X2 \equiv X$) [$o2$]

Увеличение (уменьшение) силы (N), действующей на ферромагнетик, можно рассматривать как увеличение (уменьшение) силы, действующей на некоторое твердое тело (X).

257. $1A4X2 \equiv 1A4X$ ($X2 \equiv X$) [$o2$]

258. $2A4X2 \equiv 2A4X$ ($X2 \equiv X$) [$o2$]

Увеличение (уменьшение) модуля упругости ($A4$) ферромагнетика ($X2$) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) модуля упругости некоторого твердого тела (X).

259. $1LX2 \equiv 1LX$ ($X2 \equiv X$) [$o2$]

260. $2LX2 \equiv 2LX$ ($X2 \equiv X$) [$o2$]

Увеличение (уменьшение) линейного размера (L) ферромагнетика ($X2$) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) линейного размера некоторого твердого тела (X).

261. $1E2X2 \equiv 1E2X$ ($X2 \equiv X$) [$o2$]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) ферромагнетика ($X2$) можно рассматривать как увеличение напряжения сжатия некоторого твердого тела (X).

262. $1E1X2 \equiv 1E1X$ ($X2 \equiv X$) [$o2$]

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) ферромагнетика ($X2$) можно рассматривать как увеличение напряжения растяжения некоторого твердого тела (X).

263. $1MX2 \rightarrow 1NX2$ ($X2 \neq U4$)

264. $2MX2 \rightarrow 2NX2$ ($X2 \neq U4$)

Увеличение (уменьшение) массы (M) ферромагнетика ($X2$) приводит к увеличению (уменьшению) действующей на него силы (N) при условии, что ферромагнетик находится в неоднородном магнитном поле ($U4$).

265. $1AX2 \rightarrow 1E2X2$ ($sX = 1$) [O]

Увеличение намагниченности (A) ферромагнетика ($X2$) приводит к увеличению в нем напряжения сжатия ($E2$) при условии, что степень фиксации (s) ферромагнетика равна 1.

266. $1AX2 \rightarrow 1LX2$ ($sX \geq 2$) [$p2$]

267. $2AX2 \rightarrow 2LX2$ ($sX \geq 2$) [$p2$]

Увеличение (уменьшение) намагниченности (A) ферромагнетика ($X2$) приводит к увеличению (уменьшению) его линейного размера (L) при условии, что степень фиксации (s) ферромагнетика больше или равна 2.

~ Направление изменения линейного размера параллельно вектору намагниченности

268. $1E1X2 \rightarrow 2D2X2$ [O]

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в ферромагнетике ($X2$) приводит к уменьшению его магнитной проницаемости ($D2$).

269. $1E2X2 \rightarrow 2D2X2$ [O]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в ферромагнетике ($X2$) приводит к уменьшению его магнитной проницаемости ($D2$).

270. $1E1X2 \rightarrow 2AX2$ [O]

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) ферромагнетика ($X2$) приводит к уменьшению его намагниченности (A).

271. $1E2X2 \rightarrow 2AX2$ [O]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) ферромагнетика ($X2$) приводит к уменьшению его намагниченности (A).

272. $1Q1X2 \rightarrow 2D2X2$ ($TX2 = T4X2$, $cX2 = 1$) [O]

Увеличение количества тепла, подводимого к ферромагнетику ($Q1X2$), приводит к уменьшению его магнитной проницаемости ($D2$) при условии, что: 1) температура (T) ферромагнетика равна температуре точки Кюри ($T4$); 2) характеристика теплообмена (c) ферромагнетика равна 1.

273. $1TX2 \rightarrow 1D2X2$ ($TX2 < T4X2$)

274. $2TX2 \rightarrow 2D2X2$ ($TX2 < T4X2$)

Увеличение (уменьшение) температуры (T) ферромагнетика (T) приводит к увеличению (уменьшению) его магнитной проницаемости ($D2$) при условии, что температура ферромагнетика меньше температуры точки Кюри ($T4$).

275. $1TX2 \rightarrow 2AX2$ ($TX2 < T4X2$) [O]

Увеличение температуры (T) ферромагнетика ($X2$) приводит к уменьшению его намагниченности (A) при условии, что температура ферромагнетика меньше температуры точки Кюри ($T4$).

276. $1D2X2 \rightarrow 1L3S2$ ($X2 * S2$) [D]

277. $2D2X2 \rightarrow 2L3S2$ ($X2 * S2$) [D]

Увеличение (уменьшение) магнитной проницаемости ($D2$) ферромагнетика ($X2$) приводит к увеличению (уменьшению) индуктивности ($L3$) соленоида ($S2$) при условии, что ферромагнетик является сердечником соленоида.

278. $1W2X2 \rightarrow 1L3S2$ ($X2 * S2$) [D]

279. $2W2X2 \rightarrow 2L3S2$ ($X2 * S2$) [D]

Увеличение (уменьшение) объема ($W2$) ферромагнетика ($X2$) приводит к увеличению (уменьшению) индуктивности ($L3$) соленоида ($S2$) при условии, что ферромагнетик является сердечником соленоида.

280. $1B5Z1 \rightarrow 1M4X$ ($Z1 \rightarrow X$) [D]

281. $2B5Z1 \rightarrow 2M4X$ ($Z1 \rightarrow X$) [D]

Увеличение (уменьшение) коэффициента трения ($B5$) полупроводника ($Z1$) приводит к увеличению (уменьшению) силы трения ($M4$), действующей на твердое тело (X), при условии, что полупроводник контактирует с твердым телом.

282. $1L1Z1 \rightarrow 1L1X$ ($Z1 \rightarrow X$) [o2]

283. $2L1Z1 \rightarrow 2L1X$ ($Z1 \rightarrow X$) [o2]

Увеличение (уменьшение) теплопроводности ($L1$) полупроводника ($Z1$) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) теплопроводности некоторого твердого тела (X).

284. $1E1Z1 \rightarrow 2D1Z1$ [O]

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в полупроводнике ($Z1$) приводит к уменьшению его удельного сопротивления ($D1$) $\wedge$.

$\sim$ Угол между направлением деформации полупроводника и направлением измерения сопротивления не равен 0.

285. $1E2Z1 \rightarrow 1D1Z1$ [0]

Увеличение напряжения сжатия ($E1$) в полупроводнике приводит к увеличению его удельного сопротивления ($D1$) $\wedge$.

$\sim$ Угол между направлением деформации полупроводника и направлением измерения сопротивления не равен 0.

286. $1TZ1 \rightarrow 1B5Z1$

287. $2TZ1 \rightarrow 2B5Z1$

Увеличение (уменьшение) температуры (T) полупроводника ($Z1$) приводит к увеличению (уменьшению) его коэффициента трения ($B5$).

288. $1D1Z1 \equiv 1D1X1$ ($Z1 \equiv X1$) [o2]

289. $2D1Z1 \equiv 2D1X1$ ($Z1 \equiv X1$) [o2]

Увеличение (уменьшение) удельного сопротивления ($D1$) полупроводника ($Z1$) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) удельного сопротивления некоторого проводника ($X1$).

290. $3Q3X6 \rightarrow 3U1$ [Д]

Наличие у металлического проводника ($X6$) электрического заряда ($Q3$) приводит к появлению неоднородного электрического поля ($U1$).

291. $1H7X6 \rightarrow 1G6U$ ($Q3X6 > 0$) [Д]

292. $2H7X6 \rightarrow 2G6U$ ($Q3X6 > 0$) [Д]

Увеличение (уменьшение) кривизны ($H7$) металлического проводника ($X6$) приводит к увеличению (уменьшению) градиента напряженности ($G6$) электрического поля (U) при условии, что металлический проводник имеет заряд ($Q3$).

293. $1W X6 \rightarrow 1N X6$ ($X6 \neq U3$, $Q3X6 > 0$, $5Q3X6$)

294. $2W X6 \rightarrow 2N X6$ ($X6 \neq U3$, $Q3X6 > 0$, $6Q3X6$)

295. $3W X6 \rightarrow 3N X6$ ($X6 \neq U3$, $Q3X6 > 0$, $3Q3X6$)

Увеличение (уменьшение, наличие) скорости (W) металлического проводника ($X6$) приводит к увеличению (уменьшению, появлению) действующей на него силы (N) при условии, что: 1) металлический проводник, имеющий заряд ($Q3$), находится в магнитном поле ($U3$) $\wedge$; 2) заряд металлического проводника увеличивается или постоянен

$\sim$ Угол между векторами скорости металлического проводника и напряженности магнитного поля не равен 0.

296. $1N X6 \equiv 1N X$ ($X6 \equiv X$) [o2]

297. $2N X6 \equiv 2N X$ ($X6 \equiv X$) [o2]

298. $3N X6 \equiv 3N X$ ($X6 \equiv X$) [o2]

Увеличение (уменьшение, наличие) силы (N), действующей на металлический проводник ($X6$), можно рассматривать как увеличение (уменьшение, наличие) силы, действующей на некоторое твердое тело (X).

299. $1CX6 \equiv 1CX1$ ($X6 \equiv X1$) [o2]

300. $2CX6 \equiv 2CX1$ ($X6 \equiv X1$) [o2]

Увеличение (уменьшение) емкости (C) металлического проводника ($X6$)

можно рассматривать как увеличение (уменьшение) емкости проводника ($X1$).

301. $1R5S2 \rightarrow 2I4S2$ ($K6S2 > 0$, $6K6S2$)

302. $2R5S2 \rightarrow 1I4S2$ ($K6S2 > 0$, $5K6S2$)

Увеличение (уменьшение) индуктивного сопротивления ($R5$) соленоида ($S2$) приводит к уменьшению (увеличению) силы переменного электрического тока ($I4$), текущего в соленоиде, при условии, что: 1) приложенное к соленоиду переменное напряжение ($K6$) больше 0, 2) приложенное к соленоиду переменное напряжение уменьшается (увеличивается) или постоянно.

303. $1L3S2 \rightarrow 1R5S2$

304. $2L3S2 \rightarrow 2R5S2$

Увеличение (уменьшение) индуктивности ($L3$) соленоида ($S2$) приводит к увеличению (уменьшению) его индуктивного сопротивления ($R5$).

305. $3V3 \rightarrow 1Q1V$ ($V3 + V$) [D]

Наличие пучка нейтронов ($V3$) приводит к увеличению количества тепла, подводимого к веществу ($Q1V$), при условии, что пучок нейтронов воздействует на вещество.

306. $1A2Y2 \equiv 1A2Y$ ($Y2 \equiv Y$) [$o2$]

307. $2A2Y2 \equiv 2A2Y$ ($Y2 \equiv Y$) [$o2$]

Увеличение (уменьшение) вязкости ($A2$) ферромагнитной жидкости ($Y2$) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) вязкости некоторой жидкости (Y).

308. $1JX9 \rightarrow 1NX9$ ($X9 \neq U3$)

309. $2JX9 \rightarrow 2NX9$ ($X9 \neq U3$)

310. $3JX9 \rightarrow 3NX9$ ($X9 \neq U3$)

Увеличение (уменьшение, наличие) силы электрического тока (J), текущего в токопроводящем твердом теле ($X9$), приводит к увеличению (уменьшению, появлению) действующей на него силы (N) при условии, что токопроводящее твердое тело находится в магнитном поле ($U3$).

311. $1NX9 \equiv 1NX$ ($X9 \equiv X$) [$o2$]

312. $2NX9 \equiv 2NX$ ($X9 \equiv X$) [$o2$]

313. $3NX9 \equiv 3NX$ ($X9 \equiv X$) [$o2$]

Увеличение (уменьшение, наличие) силы (N), действующей на токопроводящее твердое тело ($X9$), можно рассматривать как увеличение (уменьшение, наличие) силы, действующей на некоторое твердое тело (X).

314. $1Q3Y9 \rightarrow 1NY9$ ($X9 \neq U$)

315. $2Q3Y9 \rightarrow 2NY9$ ($X9 \neq U$)

Увеличение (уменьшение) заряда ($Q3$) у твердого диэлектрика ($Y9$) приводит к увеличению (уменьшению) действующей на него силы (N) при условии, что твердый диэлектрик находится в электрическом поле (U).

316. $3Q3Y9 \rightarrow 3NY9$ ($Y9 \neq U$)

Наличие заряда ($Q3$) у твердого диэлектрика ($Y9$) приводит к появлению действующей на него силы (N) при условии, что твердый диэлектрик находится в электрическом поле (U).

317. $1MY9 \rightarrow 1NY9$ ($Y9 \neq U1$)

318. $2MY9 \rightarrow 2NY9$ ($Y9 \neq U1$)

Увеличение (уменьшение) массы (M) твердого диэлектрика ($Y9$) приводит к увеличению (уменьшению) действующей на него силы (N) при усло-

нии, что твердый диэлектрик находится в неоднородном электрическом поле ($U1$).

319. $1NY9 \equiv 1NX$ ($Y9 \equiv X$) [o2]

320. $2NY9 \equiv 2NX$ ($Y9 \equiv X$) [o2]

321. $3NY9 \equiv 3NX$ ($Y9 \equiv X$) [o2]

Увеличение (уменьшение, наличие) силы (N), действующей на твердый диэлектрик ($Y9$), можно рассматривать как увеличение (уменьшение, наличие) силы, действующей на некоторое твердое тело (X).

322. $1Q2Z \rightarrow 2MZ$ ($TZ = T3Z$, $cZ = 2$) [O]

Увеличение количества тепла, отводимого от газа ($Q2Z$), приводит к уменьшению его массы (M) ~ при условии, что: 1) температура (T) газа равна температуре его конденсации ($T3$); 2) характеристика теплообмена (c) газа равна 2.

~ Уменьшение массы газа происходит в результате его конденсации.

323. $1LZ4 \equiv 1LX$ ($Z4 \equiv X$) [o2]

324. $2LZ4 \equiv 2LX$ ($Z4 \equiv X$) [o2]

Увеличение (уменьшение) линейного размера (L) пьезокристалла ($Z4$) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) линейного размера некоторого твердого тела (X).

325. $1E1Z4 \equiv 1E1X$ ($Z4 \equiv X$) [o2]

Увеличение напряжения растяжения ($E1$) в пьезокристалле ($Z4$) можно рассматривать как увеличение напряжения растяжения в некотором твердом теле (X)

326. $1E2Z4 \equiv 1E2X$ ($Z4 \equiv X$) [o2]

Увеличение напряжения сжатия ($E2$) в пьезокристалле ($Z4$) можно рассматривать как увеличение напряжения сжатия в некотором твердом теле (X)

327. $1TY \equiv 1TV$ ($Y \equiv V$) [o2]

328. $2TY \equiv 2TV$ ($Y \equiv V$) [o2]

Увеличение (уменьшение) температуры (T) жидкости (Y) можно рассматривать как увеличение (уменьшение) температуры некоторого вещества (V).

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Граф 19

- , вершина 19
- , кратные ребра 20
- , ориентированный 20
- , ребро 19
- , связный 20
- , эффектов 22

Дерево 21

- , восходящее 21
- , корень 21
- , нисходящее 21
- , упорядоченное 21
- , уровень 21

Метод комбинаторный 6

Параметр конструктивный 15

Принцип действия

- , графическая иллюстрация 41
- , задача формирования 5

—, противоречивый 34

- , частичноопределенная
задача формирования 29

Проектирование беспрототипное 5

Система

- внешнего действия 40
- внутреннего действия 40
- , принцип действия 5
- , среда функционирования 6
- , цель функционирования 6

Цепь 20

Эффект 8

- , массив 19
- , причина 8
- , противоположный 31
- , следствие 8
- , условия реализации 8
- , язык описания 14

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазунов В. Н. Параметрический метод разрешения противоречий в технике. М., «Речной транспорт», 1990.
2. Голдовский Б. И., Вайнерман М. И. Рациональное творчество. М., «Речной транспорт», 1990.
3. Голдовский Б. И., Вайнерман М. И. Комплексный метод разрешения проблем в технике. М., «Речной транспорт», 1990.
4. Автоматизация поискового конструирования. Под редакцией А. И. Половинкина. М., «Радио и связь», 1981.
5. Заринов М. Ф. и др. Энерго-информационный метод научно-технического творчества. М., ВНИИПИ, 1988.
6. Чус А. В. и Данченко В. Н. Основы технического творчества. Киев—Донецк, «Виша школа», 1983.
7. Яворский Б. М. и Детлаф А. А. Справочник по физике. М., «Наука», 1977.
8. Проблемы логики научного познания. Под редакцией П. В. Тавица. М., «Наука», 1964.
9. Уилсон Р. Введение в теорию графов. М., «Мир», 1977.
10. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. М., «Советское радио», 1979.
11. Бородастов Г. В., Альтшуллер Г. С. Теория и практика решения изобретательских задач. М., ЦНИИатоминформ, 1980.

Методы анализа проблем и поиска решений в технике

Серия методических пособий

Книга 4.

ГЛАЗУНОВ ВИТАЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ

**ПОИСК ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Художник Д. И. Бараб-Тарле
Технический редактор З. С. Кондрашова
Корректор Е. И. Малахова

© НТК «Метод», 1991 г.

Сдано в набор 29.10.90. Подписано в печать 18.12.90. Формат 60×90/16. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 7,0 л. Уч.-изд. л. 9,09. Тираж 50 000 экз. Зак. № 377. Цена 3 р. 10 к.

Типография Московского государственного университета. 119899. Москва, Ленинские горы, ул. Хохлова, д. 6/н.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КООПЕРАТИВ "МЕТОД"

НОВЕЙШИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ПРОТОН — многофункциональная СУБД (4.0 тыс. руб.):

- не требует знаний и навыков программирования;
- по своим возможностям конкурирует с широко известными СУБД dBASE и PARADOX и совместима с их базами данных.

НОВАТОР — экспертная система для совершенствования известных технических устройств (прототипов) (2.5 тыс. руб.):

- выявляет (в автоматическом режиме) ряд физических противоречий прототипа и определяет способы их устранения;
- содержит базу технических знаний (описание 300 объектов с парными свойствами) и обладает возможностью ее развития;
- помогает составить формулы предполагаемых изобретений.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ — экспертная система для проектирования принципиально новых устройств и технологий (3.5 тыс. руб.):

- содержит более 1000 физических эффектов;
- находит несколько вариантов принципов действия (в виде комбинации физических эффектов) проектируемой технической системы;
- осуществляет поиск физэффектов по заданным требованиям.

АЛЬТЕРНАТИВА — экспертная система (2.8 тыс. руб.):

- формирует «пространство выбора» — альтернативную древовидную структуру семейства технических систем;
- позволяет делать выбор элементов структуры (в пяти различных режимах) и находить ранее неизвестные их сочетания;
- способствует созданию и развитию зрительных ассоциаций и мышлению образами.

ФСА (функционально-структурный анализ) — пакет программ (3.0 тыс. руб.):

- строит структурную модель исследуемого технического объекта, отражающую взаимосвязь входящих в него элементов;
- формирует функциональную модель взаимосвязи и подчиненности функций элементов объекта;
- анализирует характер и свойства построенных моделей с целью их совершенствования.

Пакеты программ используются на базе персональных компьютеров типа IBM PC XT/AT.

Выше указана стоимость одной защищенной копии. Стоимость каждой последующей копии по 5-ю включительно — 60% от предыдущей.

Пакеты программ высылаются после получения копии платежного поручения.

Наш расчетный счет № 3461299 в Ленинском отделении ЖСБ г. Москвы, МФО 201188.

По вашему запросу высылаются наложенным платежом описания программ стоимостью 30 рублей каждая.

Наш адрес: 119048, Москва, а/я 453, НТК «Метод»

Телефон: 245-43-07

Телекс: 411700 «Эвро»

Факс: 200-22-16 «Эвро»

Цена 3 р. 10 к.