

TMT

ТЕХНИКА
МОЛОДЕЖЬ
ТВОРЧЕСТВО

The background of the page is a vibrant, abstract geometric pattern. It consists of various shapes like circles, squares, and rectangles in bright colors: yellow, orange, red, green, and blue. These shapes are arranged in a complex, overlapping manner, creating a sense of depth and movement. The colors are saturated and the lines are sharp, giving it a modern, graphic feel.

**ПРАВИЛА ИГРЫ
БЕЗ ПРАВИЛ**

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

В 1990 году выйдет четвертая книга из серии «Техника — молодежь — творчество» — «Как стать еретиком» (составитель А. Б. Селюцкий).

В книге планируются следующие разделы:

1. Г. С. Альшуллер, И. М. Верткин. Как стать еретиком. Жизненная стратегия творческой личности.

2. Б. Л. Злотин, А. В. Зусман. Приди на полигон. Практикум по теории решения изобретательских и научных задач.

3. Наша реклама.

4. Г. Альтов. Опаляющий разум. Создан для бурь. Научная фантастика.

Составитель А. Б. Селюцкий

Рецензент — кандидат технических наук
Е. Г. Немкович

Правила игры без правил / Сост. А. Б. Селюцкий. — П68 Петрозаводск: Карелия, 1989. — 280 с.: ил. — (Техника — молодежь — творчество).
ISBN 5-7545-0108-0

В третьей книге цикла «Техника — молодежь — творчество» раскрывается Алгоритм решения изобретательских задач АРИЗ-85-В; рассказывается о том, какие результаты дает обучение ТРИЗ (Теории решения изобретательских задач); впервые публикуется Указатель геометрических эффектов для решения изобретательских задач; разъяснено, как организовать коллективную работу творческой группы; показано, как решать задачи с помощью АРИЗ-85-В. Завершают книгу фантастические рассказы.

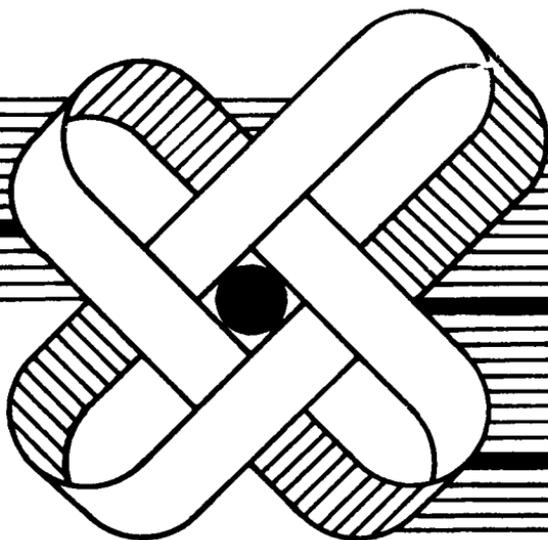
П 2002000000—092
М127(03)—89 18—89

30 у

ISBN 5-7545-0108-0

© «Карелия», 1989

И. А. Викентьев
В. И. Ефремов



**КРИВАЯ, КОТОРАЯ
ВСЕГДА ВЫВЕЗЕТ**

Геометрия для изобретателей

1. ЗНАЕМ ЛИ МЫ ГЕОМЕТРИЮ?

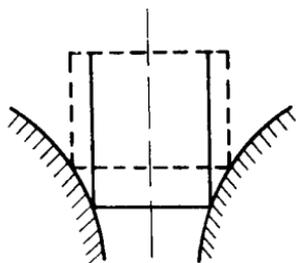
Некто попросил «отца геометрии» Евклида обучить его этому искусству и задал при этом вполне естественный вопрос: «А какую практическую пользу я получу, выучив все теоремы?» Евклид обратился к своему рабу: «Дай ему грош, бедняга пришел искать пользу!»

Это легенда. Но в ней отражено важное обстоятельство: всками изучали геометрические свойства тел, но, как правило, вне связи с физикой, а тем более с техникой. Геометрия отвлекается от всех свойств тел, кроме пространственных, — гласит энциклопедия. Ну и что, скажет иной читатель, разве это важно? Да. Ведь мы живем в условиях технической цивилизации, где любая машина «несвободна» от геометрических форм. Все ли это учитывают? Как показали неоднократные опросы, проведенные в общественных школах изобретательского творчества, в конце XX века школьники, студенты, инженеры знают о техническом применении геометрии меньше, чем о применении физических явлений.

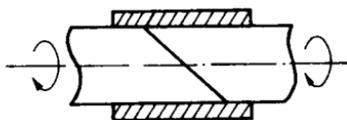
Вот характерный пример. У 40 студентов спрашивали, какие технические применения гиперboloида они знают. Суть математического определения вспомнили все, некоторые даже указали на конструкции башен В. Г. Шухова и... все. Но у гиперboloида, да и у любой другой геометрической фигуры масса полезных изобретательских применений в технике. Скажем, у цилиндров равных объемов, но с разными диаметрами оснований, расположенными концентрично в одной плоскости, геометрическим местом противоположных граней является гиперboloид вращения (взгляните на рисунок, и вам все станет ясно). Так, например, удобно сравнивать объемы жидкости в ампулах различных размеров, отмерять заготовки — фиг. 1.1 (а. с. 1051383).

Неужели «геометрические эффекты» (далее — ГЭ) столь редки? Нет. Подтверждение тому — большое количество изобретений, публикуемых в официальном Бюллетене изобретений. Так в чем же дело? Увы, в настоящее время отсутствует единый информационный фонд ГЭ. Как следствие этого — многие решения неоднократно дублируются в различных отраслях техники; изобретатели каждый

раз, образно выражаясь, идут от нуля, переоткрывая уже открытое и не развивая достижений предшественников. Вы можете убедиться в этом сами. Вот а. с. 441421: «Бесшпоночное соединение» — торцы двух валов срезаны под углом и соединены цилиндрической оболочкой — фиг. 1.2. Начинает вращаться один вал — немедленно приходит во вращение второй. Хорошее, простое решение. Но через десять лет (!) появляются четыре однотипных решения: а. с. 1133439, 1206514, 1225951, 1250749.



Фиг. 1.1



Фиг. 1.2

Значит, нужен справочник. По аналогии с Указателем физических эффектов — Указатель геометрических эффектов. И такой справочник выпускается впервые, он перед вами. Аналогов ему нет. По этой причине основным материалом для его составления послужили не столько статьи и книги других авторов, сколько описания изобретений и патентов. Несмотря на отдельные занимательные примеры, читатель должен помнить: перед ним серьезный справочник, требующий вдумчивого прочтения. Его цель не только ознакомить с эффективными техническими решениями, но и дать инструмент для изобретательской и рационализаторской работы.

Настоящий Указатель ГЭ написан двумя авторами: раздел «Катящийся памятник» (шаровые конструкции) — инж. В. И. Ефремовым, остальные разделы — инж. И. Л. Викентьевым. Авторы признательны Г. С. Альтшуллеру за внимание к их работе, а также А. П. Викентьевой, Г. П. Кононовой и Н. В. Кругловой за помощь в подготовке рукописи.

Итак, успехов Вам, уважаемый читатель, в освоении и применении геометрических эффектов!

2. ОТ СОБИРАНИЯ ГЕОМФОРМ — К ИХ КОНСТРУИРОВАНИЮ

2.1. Итак, мы установили, что есть множество геометрических эффектов (ГЭ), которые или малоизвестны техническому работнику, особенно молодому, или фактически воспроизводят решения, уже известные в других областях техники. Поэтому для повышения КПД

«геометрического знания» инженера, изобретателя, рационализатора нужно составить Указатель ГЭ. Но как его сделать?

Опыт такой работы есть. Это создание отечественной теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) Г. С. Альтшуллером. Здесь нужно руководствоваться тремя простыми, но, как показывает практика, не всегда учитываемыми разработчиками и преподавателями методов технического творчества требованиями:

а) исследование должно быть основано на большом массиве технической и патентной информации;

б) необходимо учитывать существование качественно различных уровней решения технических задач;

в) рекомендации должны быть опробованы на значительном количестве задач высших уровней¹.

Рассмотрим эти требования подробнее. Дело в том, что начиная с 1960 г. в СССР на каждые сто тысяч изобретений приходится 15—20 не самых тривиальных, где упоминается спираль или винтовая линия. А для каждой из форм типа эллипсоида, гиперболоида, параболоида эта цифра не превышает 2—3. Значит, создавать Указатель ГЭ на основе сплошного просмотра даже нескольких десятков тысяч изобретений — бессмысленно. Нужны на порядок большие объемы. Эта работа была проведена (и продолжает проводиться) авторами. Всего при подготовке рукописи было просмотрено более 1 200 000 формул изобретений и патентов как отечественных, так и зарубежных.

Практическое опробование рекомендаций Указателя ГЭ производится в общественных школах и институтах изобретательства, в ряде институтов повышения квалификации, при проведении работ по функционально-стоимостному анализу.

Теперь следующий вопрос: как лучше организовать Указатель ГЭ? Ознакомимся с этим на примере формирования одного пункта Указателя.

Есть старинный способ, с помощью которого довольно просто снять с пальца туго сидящее кольцо. Со стороны кисти под кольцо просовывается нитка и наматывается на палец плотно виток за витком, начиная от кольца, через сустав, до кончика пальца. Затем, взявшись за конец, просунутый под кольцо, нитку начинают сматывать. Кольцо благодаря перемещающемуся вместе с ним местному сжатию пальца легко сходит...

А вот а. с. 899277: «Устройство для прессования пористых изделий с отверстием». Раньше для получения отверстия в гранулы, подготовленные для штамповки, вставляли стержень требуемого диаметра. После штамповки и спекания гранул его вынимали,

¹ Подробнее см.: Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. М.: Советское радио. 1979. С. 144.

точнее — пытались вынуть. В действительности коробились и ломались пористые изделия, так как при вытаскивании к стержню, а соответственно и к ним прикладывались значительные усилия... Упомянутым авторским свидетельством защищена идея: на стержень наматывается спираль, а после прессования сматывается виток за витком. При этом не происходит порчи самих изделий. Как и в примере со снятием кольца усилие прикладывается не ко всей конструкции, а лишь к ее части, на которую приходится гораздо меньше связей с веществом изделия. Заметим, что этим способом можно изготавливать и криволинейные отверстия.

Обратимся к другой области техники: изготовлению асбоцементных деталей. Их укатывают специальным катком, наподобие асфальтового. Но в отличие от асфальта асбоцемент налипает на каток, а следовательно, укатываемая поверхность получается с выбоинами и вмятинами. Решение задачи изложено в описании а. с. 188874: на катке одним концом закреплена спираль, а другой ее конец свободен и несколько раз огибает каток. При перекачивании катка спираль локально деформируется, резко изменяет свою кривизну и сбрасывает налипший материал... Отметим, что решения, аналогичные приведенным, зафиксированы также в а. с. 174974, 334006, 558736, 1040066, 1068291, 1082504.

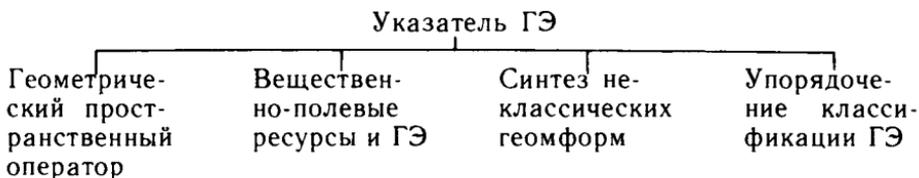
О чем это говорит? О том, что, проанализировав ряд изобретений, можно выявить некоторый общий принцип, как говорят специалисты по методам технического творчества, — функцию. В данном случае такую: «Если необходимо устранить вредное взаимодействие макроповерхностей, на одну из них наматывают гибкое тело, после чего к каждой его точке последовательно прикладывают усилие».

В настоящем Указателе ГЭ разделы выполнены по принципу: «Геометрическая форма — ее технические функции». Сводная таблица, помещенная в конце указателя, выполнена по обратному принципу: «Техническая функция — реализующие ее геомформы». Покажем на примере, как пользоваться этой таблицей. Допустим, нам требуется найти форму, позволяющую изменять ограничиваемый ею объем в несколько раз. Открываем «Сводную таблицу возможных применений ГЭ», находим функцию — регулирование объема, рядом отсылка — 5.12, 10.7. Читаем эти пункты Указателя ГЭ и узнаем, что нам может помочь телескопирование спирали из рулона и (или) скручивание однополостного гиперболоида вращения. Если же захотим ознакомиться с техническими подробностями этих решений, то необходимо обратиться к литературе, список которой приводится в каждом разделе.

Нужно подчеркнуть, что с помощью Указателя ГЭ можно найти основной принцип, идею решения, а не саму требуемую конструкцию со всеми подробностями. Важно понимать место ГЭ в информа-

ционном фонде ТРИЗ. В отличие от химических эффектов, позволяющих получать одни вещества из других с поглощением или выделением энергии, или физических эффектов, позволяющих преобразовывать один вид энергии в другой, ГЭ обычно перераспределяют уже имеющиеся потоки вещества и энергии.

2.2. Создание Указателя ГЭ — важный, но промежуточный этап работы. Уже сейчас ясно, что дальнейшая работа по его развитию пойдет по следующим направлениям:



Остановимся на каждом из этих направлений.

Анализ патентного фонда показал, что, как ни странно, геометрия в технических системах развивается не в сторону «еще большей» геометрии, а в направлении синтеза с энергетикой, системой управления. Например, казалось бы, для увеличения массо-теплообмена нужно увеличивать и увеличивать омываемую поверхность, в частности, перейти от спиральных стенок аппаратов к спирально-гофрированным. Но это чисто «геометрическое» решение нежизнеспособно, ибо сделано без учета энергетических соображений: в указанном случае резко возрастут потери на трение... Авторам открытия № 242 «Закономерность изменения теплопередачи на стенках каналов с дискретной турбулизацией потока при вынужденной конвекции» удалось найти профиль гофр и их взаимное расположение, которые не вызывают значительных энергетических потерь и одновременно в несколько раз увеличивают теплопередачу.

Разработанный одним из авторов «Геометрический пространственный оператор» как раз отражает преобразования традиционных форм в соответствии с физическими процессами в технической системе и внешней среде, позволяя полнее использовать ресурсы систем (подробнее см.: Викентьев И. Л. Геометрический пространственный оператор // Теория и практика обучения техническому творчеству. Челябинск. 1988. С. 51—53).

Следующее направление — вещественно-полевые ресурсы и ГЭ.

Дело в том, что форма — изобретательский ресурс, который есть практически всегда и который чрезвычайно редко используется эффективно. Обычно с помощью формы удается более оптимально перераспределить потоки вещества и энергии, уже имеющиеся в технической системе или внешней среде.

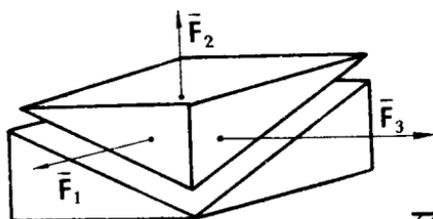
Подтвердим это примерами. Первый — исторический. Дорога, идущая по склону к воротам средневековой крепости в Таллинне,

выполнена так, что поднимающийся к ним путник вынужденно повернут к крепости правым боком. Это сделано с целью «выключить» правую руку нападающих, которой они вынуждены держать щит... Другой пример. При спуске корабля со стапеля последний может переуглубиться и удариться о дно акватории. Один из распространенных способов решения этой задачи заключается в прикреплении к корпусу корабля громоздких и дорогостоящих понтонов, обеспечивающих дополнительную плавучесть... Возможно более красивое решение: по а. с. 441195 к носовой оконечности корабля крепят крылья. Последние создают гидродинамическую подъемную силу уже с момента соприкосновения с поверхностью воды. С увеличением скорости спуска увеличивается подъемная сила крыльев, автоматически исключая неприятности.

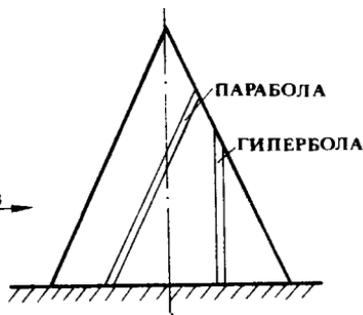
Синтез неклассических геометрических форм. Можно указать три основных механизма, через которые идет «размножение» форм:

а) геомформа₁ ± геомформа₂, причем одна из форм может быть полостью.

На фиг. 2.1 изображена конструкция «клин+клин», которая в отличие от ординарного клина позволяет осуществлять перемещение сразу по трем направлениям (а. с. 312974).



Фиг. 2.1



Фиг. 2.2

Задача: как контролировать гиперболический или параболический профиль? Нужно изготовить соответствующий шаблон... Прибегнуть к помощи станка с ЧПУ, дать заказ слесарю-лекальщику... По а. с. 491462 предложено поступить гораздо проще: выполнить конус и вырезать из него пластинки. Если поверхность реза параллельна образующей — получаем параболу, если она перпендикулярна основанию — получаем гиперболу (фиг. 2.2);

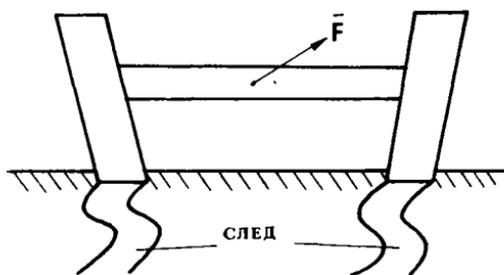
б) геомформа + вращательное и (или) поступательное движение.

Оказывается, если круги или эллипсы установлены на оси наклонно и зеркально относительно друг друга, то зигзагообразность следа при их качении создаст дополнительный упор при перемещении транспортного средства — фиг. 2.3 (а. с. 414144, 573382);

в) геомформа + физический (или химический) эффект.

Примеров на сочетание геометрической формы с физическими эффектами приведено достаточно в самом Указателе, поэтому ограничимся показом здесь лишь одного решения.

По а. с. 1116218 предложено рабочее колесо насоса (фиг. 2.4), где лопатками служит граница раздела между смачиваемыми и несмачиваемыми участками. Гидравлическое сопротивление в направлении, перпендикулярном разделу, больше, чем вдоль него, следовательно, жидкость будет распространяться вдоль границы раздела, т. е. граница выполняет роль лопаток с бесконечно малыми размерами. Конечно, производительность такого насоса невелика, но авторам хотелось привести запоминающийся пример сочетания геометрии и физики.



Фиг. 2.3



Фиг. 2.4

И последнее направление — проблема классификации геометрических эффектов.

В настоящее время она выполнена по функциональному признаку. Более оптимальный принцип классификации пока не найден. Впрочем, вопросы упорядочения классификации — извечная проблема для любой информационной системы, поскольку скорость «свертывания» информации обычно отстает от скорости ее накопления. Разработка Указателя ГЭ далеко не закончена, и мы приглашаем всех желающих принять в ней участие.

В заключение отметим, что наиболее полно математические свойства различных геометрических фигур изложены в [1] и [3]. В книгах [2] и [4] заинтересованный читатель найдет сведения по истории геометрии и узнает о ее связи с другими науками.

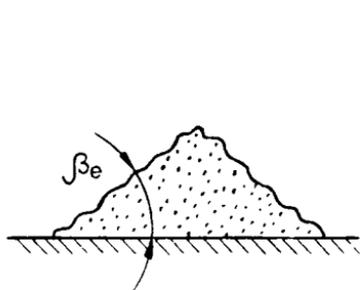
ЛИТЕРАТУРА

1. Вирченко Н. А., Ляшко И. И., Швецов К. И. Графики функций: Справочник. Киев: Наукова думка, 1979.
2. Левитин К. Е. Геометрическая ралсодия. М.: Знание, 1984.

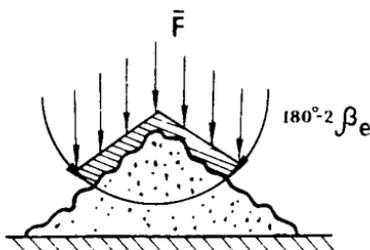
3. Савелов А. А. Плоские кривые. Систематика, свойства, применение. Справочное руководство М.: Физматгиз, 1960.
 4. Д. Пидоу. Геометрия и искусство. М.: Мир, 1979.

3. ПЕСОК В МАШИНЕ

К. Э. Циолковский отмечал, что Земля — колыбель человечества, но оставаться вечно в этой колыбели оно не будет, а непременно колонизирует другие планеты, например Венеру. Но как охладить поверхность планеты, нагретой до 460°C ? «Это сделать довольно просто», — утверждал на XXXIII Международном конгрессе по астронавтике американский инженер К. Маршалл: «Вокруг Венеры следует организовать густое облако пыли, рассеивающее солнечные лучи».



Фиг. 3.1



Фиг. 3.2

Быть может, проект не столь утопичен, учитывая, что вокруг Земли такие облака уже обнаружены.

3.1. Отношение к сыпучим телам (далее СТ) у большинства инженеров строго однозначное: «Песок в машине недопустим!» Этим, пожалуй, и исчерпываются знания о песке инженера, окончившего вуз. Характерно, что о свойствах СТ, издавна используемых человеком, не упоминается ни в школьных, ни в общетехнических программах. В специальной же технической литературе в настоящее время наиболее полно освещены вопросы, связанные с применением СТ в строительстве, порошковой металлургии, абразивной промышленности, поэтому эти применения в настоящем Указателе ГЭ подробно не рассматриваются.

Итак, начнем с основных физических свойств СТ. Они занимают промежуточное положение между жидкостями и твердыми телами. По сравнению с твердым телом они обладают значительно большей поверхностью, способной облегать рельеф; имеют существенно большую подвижность слагающих их частиц. В отличие от жидкости СТ в определенных пределах способны сохранять свою форму; при

определенных условиях неспособны вытекать через отверстия, щели и каналы, характерные размеры которых превышают размеры частиц СТ; не передают оказываемое на них давление равномерно во все стороны. Столь полярные свойства материала, существующего при нормальных условиях, возможно, характерны только для сыпучих тел.

Ознакомимся теперь с техническими приложениями СТ.

3.2. СТ сохраняют форму конуса, если его образующие составляют с горизонтальной поверхностью угол, не превышающий угол естественного откоса β_e (фиг. 3.1). Так, для сухого речного песка $\beta_e = 30 \div 35^\circ$, поваренной соли $30\text{—}50^\circ$, пшеничной муки $30\text{—}45^\circ$. Величины β_e для других материалов приведены в [4].

Если скрепить две плоскости под углом $180^\circ - 2\beta_e$, установить их на насыпанное в виде горки СТ и приложить вертикальную нагрузку F , то разрупится таким способом «зыбкое» сыпучее тело не удастся — фиг. 3.2 [3, с. 73—74]. Следовательно, эта простейшая конструкция может служить опорой для тяжелых сооружений.

Под действием внешнего давления (не обязательно, но лучше в сочетании с вибрацией) отдельные частицы сыпучей среды приходят в состояние достаточно плотного, но не плотнейшего расположения, приобретая свойства твердого тела определенной формы. Именно поэтому до сих пор стоит Петропавловская крепость в Ленинграде — первое большое архитектурное сооружение, построенное на песке и на геометрической идее, заложенной в ее фундамент. Похожая ситуация возникла и при строительстве Останкинской телебашни в Москве. Одна группа авторитетных экспертов настаивала на сооружении глубокого фундамента с забивкой свай до скального грунта. Другая группа отстаивала вариант сплошного кольцевого фундамента, углубленного лишь на 3,5 м. Ее точка зрения базировалась на гипотезе о том, что в процессе строительства и утяжеления башни естественно начнет происходить равномерное самоуплотнение грунта за счет сжатия. В конце концов победила вторая точка зрения. Сейчас уже можно утверждать, что многолетняя эксплуатация башни, результаты систематических измерений ее осадки подтвердили правильность выбранного решения.

Близкая идея положена в основу а. с. 643596: неравномерно осевшее здание выправляют, уплотняя грунт с противоположной стороны.

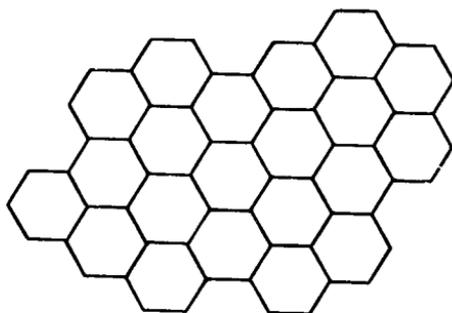
Надо сказать, что сыпучие тела, храня достаточно плотную упаковку своих частиц, все же позволяют перемещаться погруженным в них телам. Таково решение по а. с. 242179 «Газоплотный компенсатор», применяемый для компенсации температурных перемещений в крупных промышленных агрегатах (фиг. 3.3). Более того, через твердое тело, образованное сжатым СТ, например, через железнодорожную насыпь, можно продавить трубу (а. с. 614179).

Если мы еще больше увеличим внешнее давление, то СТ, помещенное в замкнутый объем, начисто лишается подвижности и приобретает свойство несжимаемости, что позволяет использовать его как наполнитель при обработке полых изделий для уменьшения деформаций. Соответствующие примеры приведены в описаниях а. с. 523742, 770659.

Менее известно другое техническое приложение рассматриваемого свойства: получение различных форм. Познакомимся с а. с. 907573 «Устройство для моделирования пространственных форм»: эластичной оболочке, заполненной СТ, придают желаемую форму, скажем, приложением к эталону, после чего воздух из оболочки откачивают. Тогда под действием атмосферного давления частицы СТ теряют возможность смещаться одна относительно другой, СТ «твердеет» практически без изменения формы. Фантастика? Нет — аналогичным образом производят вакуумную формовку для литья, внедренную на многих предприятиях (а. с. 659275).



Фиг. 3.3



Фиг. 3.4

Достигнутая «плотная упаковка» СТ может быть усилена. Рассмотрим простейший пример: на горизонтальном основании расположены несколько одинаковых по размеру гранул из пластичного материала, соприкасающиеся между собой. Накроем их прозрачной пластинкой и прижмем. Деформируясь, гранулы заполнят промежутки между собой и приобретут конфигурацию, близкую к пчелиным сотам (фиг. 3.4). Аналогичное уплотнение гранул происходит и в объеме при всестороннем сжатии. Полученную плотную структуру можно использовать, например, для заделки пробоины в подводной части корпуса корабля: к борту крепко прижимается сеть, которую под давлением заполняют эластичными гранулами (а. с. 703418). Схожее решение, только на микроуровне, зафиксировано в патенте США № 3536576 для защиты скафандра космонавта от метеоритных пробоев. Роль сетки здесь выполняет жидкое резиновое связующее, роль гранул — порошок наполнителя.

Дальнейшее уплотнение получаемой из СТ структуры связано с использованием физических и химических эффектов, например, в результате употребления гранул, разбухающих в результате взаимодействия с внешней средой или под действием внешнего поля. В качестве разбухающих веществ могут быть использованы гранулы гидридов, поглощающих водород (а. с. 1085808); ниобий, увеличивающий свой объем при высокотемпературном окислении до 20% (а. с. 727393, 761219); металлы, увеличивающие свой объем при застывании, и сплавы на их основе (калий, висмут, сурьма, германий, кремний, различные модификации сплава Вуда); гранулы капрона, имеющего большой коэффициент термического расширения (а. с. 476458); казенн и серфадекс, разбухающие в воде (а. с. 378836, 1013574). Интересно, что при твердении в воде цемент несколько разбухает (а. с. 808304), более того, существуют так называемые напрягающие цементы (а. с. 1154235). Может быть полезен и такой факт: колонки для химического анализа, рассчитанные на десяток атмосфер, разрываются разбухшей ионообменной смолой. Процесс разбухания обратим: после восстановления концентрации солей или реакции среды объем смолы возвращается к первоначальному [5]. Известны также случаи разрыва хранилищ, корпусов судов, разбухших зерном, бобами и т. п.

Справедливо и обратное: для компенсации разбухания и изменения объема работающей электробатареи предложено в ее состав заранее вводить легкосжимаемые гранулы полистирола (патент СССР № 691115).

При дальнейшем увеличении давления и достижении предела прочности СТ происходит его самоизмельчение (а. с. 490498, 629972).

3.3. Уплотнение СТ в сосуде, исключающем возможность бокового расширения, — необратимо. График «Пористость — оказываемое давление» качественно показан на фиг. 3.5 [4, с. 202].

СТ, помещенные в сосуд, передают оказываемое на них давление, но в отличие от жидкости величина этого давления, например, в направлении, перпендикулярном вектору нагрузки, пропорциональна, но не равна последней [4, с. 36—37]. Это свойство нашло отражение в а. с. 659318, где для исключения образования при остывании свариваемых деталей неравномерных остаточных напряжений предложено прижимать детали друг к другу не механическими приспособлениями, а через песок, который обжимает их более равномерно.

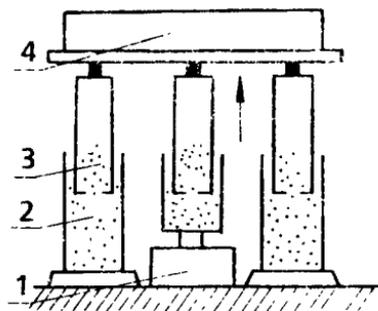
На практике следует учитывать, что СТ «ощущают» передаваемое на них давление на ограниченной длине, особенно в узких каналах. Эта величина может достигать всего 3...5 диаметров поперечного сечения.

Как уже отмечалось, СТ могут служить надежной и дешевой опорной поверхностью. Познакомимся с изобретением, основанным

на несколько ином эффекте, чем был описан ранее. По а. с. 198662 для самоподдержания в поднятом положении строительного домкрата предложено использовать не традиционные механические или гидравлические устройства, а обычный песок. При подъеме домкратом 1 (см. фиг. 3.6) из каждой стойки 3 через отверстия в ее нижнем конце начинает высыпаться песок, создавая в опорных песочницах 2 плотное основание. При остановке домкрата стойки фиксируют груз 4 на достигнутой высоте автоматически, без подвода энергии.



Фиг. 3.5



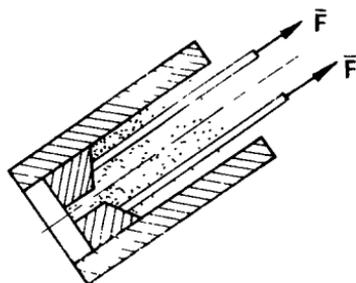
Фиг. 3.6

3.4. СТ плохо поддаются или не поддаются экструзии, т. е. продавить их через неупругие отверстия (трубу, замкнутый контур) не удастся даже под давлением порядка десяти тысяч атмосфер. Известный физик П. Бриджмен писал: «Поразительно то сопротивление, которое любой порошкообразный материал оказывает попытке полностью спрессовать его под давлением. В порошковой металлургии хорошо известно, что если поместить порошок в длинную цилиндрическую форму, то практически невозможно спрессовать его при помощи поршня, входящего в форму с одного конца... Если попытаться выдавливать материал, пополняя форму материалом и создавая давление на него непосредственно поршнем, то окажется, что вследствие трения у стенок сосуда давление не будет передаваться к отверстию, через которое производится выдавливание, и прежде чем начнется выдавливание, может быть достигнуто давление, достаточное для разрушения сосуда». Об этом свойстве СТ больше знают как об отрицательном, но авторы а. с. 222967 предложили его использовать для простого и надежного крепления тяг в строительных конструкциях (фиг. 3.7).

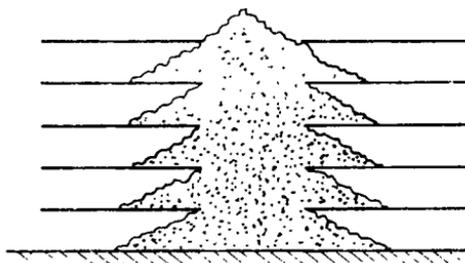
Рассмотрим конструкцию, изображенную на фиг. 3.8: СТ образует ряд вертикально расположенных откосов под углом β_c . При этом практически вся вертикальная нагрузка передается на основание, а не на стенки конструкции, и лишь незначительная ее часть зависает на горизонтальных площадках. Как оказалось, вер-

тикальной нагрузкой выдавить в этом случае СТ практически невозможно, а значит, такую «дырчатую» стенку, обладающую малой материалоемкостью, можно использовать для хранилищ, создания подпорных стенок (а. с. 983199). Отсыпать часть материала можно, или просто наклонив конструкцию (а. с. 1144908), или отогнув одну из полок [3].

3.5. Еще в глубокой древности было замечено, что песок и жидкость вытекают из отверстий в сосудах по-разному: скорость исте-



Фиг. 3.7



Фиг. 3.8

чения СТ одной фракции слабо зависит от высоты слоя над отверстием, тогда как жидкость вытекает все медленнее по мере опорожнения сосуда. Это свойство нашло применение в песочных часах, а также в простом, самозаводящемся и высоконадежном двигателе для игрушек и бытовых приборов — пересыпающийся из бункера в бункер песок приводит во вращение крыльчатку, насаженную на ось (а. с. 33955).

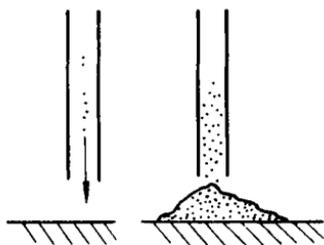
Заметим, что диаметр выпускного отверстия играет решающую роль: при увеличении отверстия вдвое скорость истечения увеличивается приблизительно в 5 раз. Регулировать скорость течения СТ по каналам можно и наложением вибраций на стенки канала (а. с. 1009941), кроме того, в отличие от жидкости порошки лучше текут при понижении температуры.

По а. с. 1126729 предложены надежные и простые элементы автоматики для медленно изменяющихся процессов, работающие под действием силы тяжести. На фиг. 3.9 изображен регулятор времени, работающий до тех пор, пока растущий конус СТ не закупорит выходное отверстие. Если выбрать поперечную площадь каналов (фиг. 3.10), то только при работе 1-го и 2-го каналов сигнал будет появляться и в 4-м канале. Как можно суммировать сигналы или изменять направление истечения, показано на фиг. 3.11.

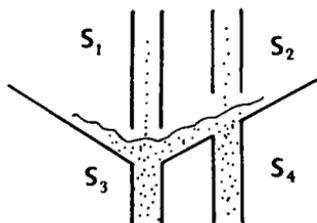
До сих пор нет ясного ответа на вопрос, почему скорость истечения песка постоянна. Однако изобретатель В. Форстман обнаружил, что при смещении оси выпускного отверстия от оси

конической воронки не происходит сводообразования, и скорость истечения СТ увеличивается (а. с. 1004212).

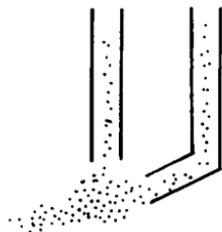
3.6. Каждый знает: если под штык лопаты попал обычный гвоздь, воткнуть ее в грунт значительно сложнее... Объясняется это тем, что при вдавливании в СТ твердого тела под последним образуется уплотненное ядро, которое является как бы его продолжением, оно и раздвигает подобно клину окружающий грунт. Если же под гармонически колеблющийся штамп при каждом отходе вверх подсыпать СТ, то из него также формируется плотное ядро, которое раздвигает соседние слои СТ в стороны от штампа (фиг. 3.12). Эксперименты показывают, что то же самое происходит и под роликом, перемещаемым в горизонтальном направлении возвратно-поступательно. Если теперь перемещать рабочий орган вдоль поверхности СТ со скоростью, равной или меньшей скорости выдавливания, будет получено устройство для формовки, например, бетонных изделий с повышенной плотностью упаковки частиц СТ (а. с. 292792, 473780).



Фиг. 3.9



Фиг. 3.10

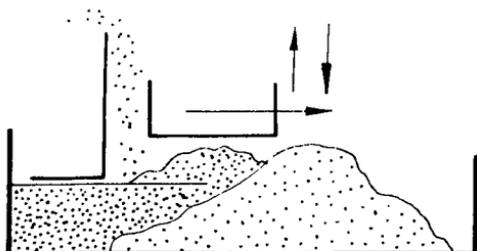


Фиг. 3.11

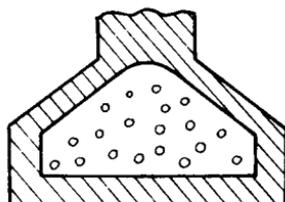
Возможен еще один способ получения твердых оснований. СТ, насыпанное на плоскость, действительно сжимается вертикальной нагрузкой, но не беспредельно, а до некоторой величины давления, при которой прослойка с отношением ширины к длине $1 : 5$ и менее, состоящая из песка, сухого цемента, строительного раствора или других материалов, имеющих коэффициент Пуассона от 0 до 0,333, спрессовывается в камень. Полученный монолит держит вертикальную нагрузку лучше, чем традиционный строительный раствор, замешанный на воде. Возникает вопрос: обязательно ли нужно использовать смесь цемента с водой? В а. с. 979591 утверждается, что нет. Возможно заменить цемент на песок, прессуемый под тяжестью монтируемых конструкций, и только закреплять края нового шва цементом, как показано на фиг. 3.13.

3.7. Издавна для фиксации фигурных деталей столяры применяли мешочки, заполненные песком, через которые и передавалось усилие зажима. Лишь недавно для усиления подобных решений —

применения дисперсных сред для фиксации сложных форм — стали появляться изобретения, где частицы СТ упруги за счет кольцевой формы (а. с. 510350, 709317); выполнены из податливого материала, например из пенополистирола (а. с. 677907) или взяты частицы, покрытые легкоплавким материалом, заполняющим при расплавлении пустоты между ними.

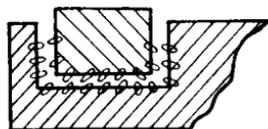


Фиг. 3.12

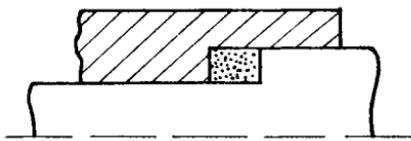


Фиг. 3.13

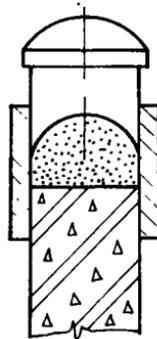
Нередко детали нужно зафиксировать надолго, скажем, закрепить режущую пластинку на резце. Тогда поступают так. В глухое отверстие в теле резца засыпают абразивный материал. Затем туда же помещают режущую пластинку и обжимают давлением несколько бóльшим, чем предел текучести материала резца, и соединение



Фиг. 3.14



Фиг. 3.15



Фиг. 3.16

готово — фиг. 3.14 (а. с. 607662, 776761). А по патенту Франции № 1290 и патенту Чехословакии № 95047 уплотненный абразивный микропорошок предложено использовать для увеличения вдвое силы трения и передаваемого момента для пары сопрягаемых цилиндрических деталей (фиг. 3.15). Подобные соединения возможны, поскольку абразивные микропорошки обладают большой микротвердостью: обычный электрокорунд $2000\text{--}2300\text{ кг/мм}^2$; карбид кремния $3300\text{--}3600\text{ кг/мм}^2$; карбид бора $4000\text{--}4500\text{ кг/мм}^2$.

3.8. Последнее издание энциклопедии сообщает, что существуют механические, пневматические и гидравлические амортизаторы...

Иногда значительно проще воспользоваться свойствами, как правило, почти даровых СТ. СТ — типичные рассеиватели энергии вследствие значительного внутреннего трения. Энергия удара, вибрации, звуковых волн быстро «вязнет» в них за счет неупругой передачи через множество точек. Например, по а. с. 199765 предложен безыносный наголовник для свай, предотвращающий их разрушение при ударах сваебойного инструмента (фиг. 3.16). Похожее устройства неоднократно предлагалось использовать и для подавления вибраций (см. описания а. с. 249808, 326321, 697761, 857525). Для увеличения внутреннего трения, а значит, и повышения эффективности работы этих устройств предлагается выполнять внутренние стенки сосуда, куда помещено СТ, шероховатыми (а. с. 968537); использовать упругие гранулы, например с полостью внутри, предварительно заполненной газом под давлением (а. с. 226406, 626154). Еще один интересный пример: расположенные на поверхности жидкости гранулы или сконденсировавшийся в ледяную крошку газ способны успокаивать ее колебания, возникающие, например, при перевозке жидкости в цистернах (а. с. 833462, 953291, 962693).

СТ нашли применение для создания безреактивного инструмента, например молотка (по патенту США № 2737216), трамбовки (по а. с. 296615), ударника для разрушения негабарита (по а. с. 571608). Сыпучий наполнитель в полости инструмента при ударе несколько отстает и в момент отдачи гасит ее. Регулируя размер частиц СТ, их массу, соотношение фракций, сечение полостей, можно регулировать форму импульса в пространстве и во времени. Впрочем, эта тема ныне практически не разработана и ждет своих изобретателей.

3.9. Переход от твердого тела к сыпучему для интенсификации химических реакций известен давно. Сейчас «пошли» изобретения, где предлагается использовать микрокапсулирование для локализации нужных воздействий; кипящий слой СТ; активированные порошки; мелкодисперсные среды, управляемые электромагнитным полем. Остановимся на каждой из этих групп изобретений подробнее.

Микрокапсулирование позволяет получать реакцию в нужном месте и в нужное время. Например, по а. с. 487133 в расплав металла вводят легирующие добавки путем разрушения в определенный момент капсул с легирующими элементами ультразвуком. Еще одно применение «срабатывания» СТ по команде — порообразование. При «включении» поля, как правило теплового, гранулы порообразователя, заранее введенные в вещество, сгорают, выделяя газ, который и образует поры (а. с. 301321, 1021863). А по патенту Франции № 1489132 для постоянного самообновления шероховатости автопокрышки в ее состав заранее вводят легко растворимые воды вещества.

Как уже было сказано, в последнее время все большее при-

менение получают эффекты, возникающие в СТ при воздействии вибраций. При вибрации СТ вначале приобретают подвижность — такое состояние называют псевдооживление. Оно может быть использовано как для интенсификации химических и физических процессов, регулирования текучести СТ (а. с. 848091), так и разделения различных фракций СТ, поскольку в этом режиме более мелкие и тяжелые частицы стремятся «потонуть», а более легкие и крупные — «всплыть» (а. с. 115596, 1139523). При дальнейшем увеличении интенсивности колебаний частицы СТ начинают терять контакт с вибрирующим рабочим органом, нарушаются связи между отдельными частицами — наступило виброкипение. Этот режим также используется для интенсификации перемешивания, теплообмена, очистки поверхности и т. п.

Хотя псевдооживление и виброкипение были известны давно, никто не пытался измерить давление над слоем СТ и под ним. А когда это случайно проделали, то оказалось, что СТ при ускорениях, превышающих ускорение свободного падения в данной среде, активно засасывают из-под себя газ и, подобно насосу, транспортируют его к верхней поверхности слоя (открытие № 138, а. с. 175595, 289219). Если же такое СТ, как песок, заменить ионообменной смолой, то насос будет работать еще и как фильтр (а. с. 418629).

Парадоксально, но при продувке сверху скорость истечения СТ из нижнего отверстия резко увеличивается. Вероятно, явление связано с разрушением газом свода, который образуется частичками при опоре на стенки отверстия [6].

А что такое активированное вещество, в частности СТ? Основной принцип активизации — помещение вещества в экстремальные условия: высокая температура, большие давления, сильное магнитное поле, жесткое излучение и т. д. Оказалось, что если затем вещество вновь поместить в обычные условия, скорость физических и химических реакций с его участием резко возрастет [2].

Рассказ о взаимодействии СТ с электромагнитным полем начнем со следующей проблемы. Исторически первой была создана электропроводящая резина, потом — эмали, краски, клеи, например, мгновенно твердеющие при прохождении по ним тока (а. с. 320959, 355668, 329041). Ток в них проходил по частичкам сажи, графита, серебра, меди, карбонильного железа, никеля, кобальта и т. д. Но выяснилось, что для удовлетворительных электротехнических свойств необходимо вводить до 50 и более процентов подобных наполнителей, а это сильно ухудшало прочностные свойства материалов. Итак, противоречие: наполнителя должно быть много и наполнителя должно быть мало... Поэтому решили вводить наполнителя все же мало, но делать электропробой полимерных прослоек между проводящими частицами (а. с. 280823), использовать волокнистые материалы (а. с. 554152) или ориентировать волоконца в направ-

лении токопередачи магнитным полем при отвердевании полимера.

Аналогичные решения — ориентирование отдельных волокон в магнитном поле — применимо и для упрочения материалов в заданном направлении (а. с. 464449, 718268). Еще более тонкий принцип защищен а. с. 545479: «Способ изготовления профильных изделий из листовых термопластов путем формирования нагретой выше температуры размягчения заготовки пуансоном из ферромагнитного материала, отличающийся тем, что, с целью упрощения оснастки для формования изделий сложного профиля, в качестве пуансона используют порошок, нагретый до температуры, близкой точке Кюри, на который налагают переменное температурное поле, имеющее температуру, большую в местах наименьшей вытяжки листового материала изделий».

Еще один способ управления СТ, кроме феполей,— использование коронного разряда и силы Лоренца.

Поле коронного разряда, наложенное на частицы СТ, способно увеличивать его внутреннее трение, а значит, уменьшать текучесть. Если теперь обычное коническое сопло заземлить, а на его оси установить электрод, подсоединенный к источнику высокого напряжения, то перед нами будет устройство для точного дозирования порошков (а. с. 431393, 573714, 607110). Если же периодически изменять напряжение на электроде, то мы приведем в колебание массу СТ, а следовательно, так может быть реализован новый способ сводообрушения (а. с. 624844).

Если само СТ — токопроводящее, то им легко управлять на перекрестке тока, пропускаемого через СТ по оси воронки, и потока магнитного поля, перпендикулярного оси. В этом случае работает известная каждому со школьных времен сила Лоренца (а. с. 865720). Например, если надо увеличить скорость истекающего из воронки СТ, уменьшим ток и (или) напряженность магнитного поля. Необходимо «запереть» бункер? Поменяем полярность подводимого к СТ тока. А периодически изменяя направление тока, можно заставить колебаться СТ для разрушения образовавшегося свода.

3.10. Как мы могли убедиться, СТ — типовой «копеечный» ресурс, который может использоваться для решения самых разнообразных изобретательских задач, например как разделитель между двумя вредно взаимодействующими поверхностями. В частности, СТ может быть получено измельчением одного из взаимодействующих тел — а. с. 304054: «Способ футеровки изложниц, преимущественно для центробежного литья, путем нанесения на внутреннюю поверхность изложниц теплоизолирующего слоя, отличающийся тем, что, с целью уменьшения попадания неметаллических включений в отливку, на теплоизолирующий слой наносят слой металлической дробы»... А вот более микроуровневое решение: для предотвращения налипания и намерзания материала на ленту конвейера ee

непрерывно копят продуктами неполного сгорания любого дешевого топлива (а. с. 604764).

К сожалению, чрезвычайно редко применяются би-СТ, т. е. смеси дисперсных материалов с различными свойствами, они значительно повышают возможности традиционных СТ. Вот один из немногих примеров: а. с. 1100423 «Силовой термочувствительный элемент» для развальцовки деталей. Сам элемент выполнен из смеси дисперсных частиц: одни из них обладают эффектом памяти формы и «отвечают» за восстановление формы и развиваемое при этом усилие, а другие обладают эффектом сверхупругости и ответственны за стабильность процессов восстановления во времени.

Вероятно, в ближайшие годы можно ожидать много новых интересных идей с применением би-СТ.

И последнее. В отличие от других разделов Указателя ГЭ мы не будем указывать, где взять или как изготовить сыпучие тела. Они есть везде. Пользуйтесь ими!

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев А. Г. Микрокапсулирование и некоторые области его применения. М.: Знание, 1982.
2. Богатырев А. Е. и др. Активизирование веществ и его технологические применения // Обзоры по электронной технике, серия 6 «Материалы», вып. 7. М.: ЦНИИЭ, 1984.
3. Горобец И., Конева Л. Это странное сыпучее тело. Наука и жизнь, 1984, № 6.
4. Клейн Г. К. Строительная механика сыпучих тел. М.: Стройиздат, 1977.
5. Медведкин В. Химический двигатель — своими руками. Химия и жизнь, 1982, № 4.
6. Давидсон В. «Сверхтекучесть» сыпучих тел. Наука и жизнь, 1988, № 10.

4. ЧТО МОЖЕТ ЩЕТКА?

Что можно делать с помощью щетки? Наносить какое-либо покрытие на поверхность или удалять его. Неужели это все? Конечно, нет! Обыкновенная щетка обладает огромными неизученными и неиспользуемыми нами возможностями. Она может очень многое. Поразительно, но с ее помощью пытались даже писать музыку. В трактате «Искусство сочинять музыку исключительно новым методом, пригодным для самых захудалых талантов», написанном в 1751 году, английский музыкант Вильям Хейс предложил взять щетку (можно зубную), обмакнуть ее в чернильницу и, проведя пальцем по щетине, разбрызгать чернила на лист нотной бумаги. Полученные кляксы должны означать положение нот на нотной линейке. Теперь к ним остается добавить тактовые черты, штили и прочее...

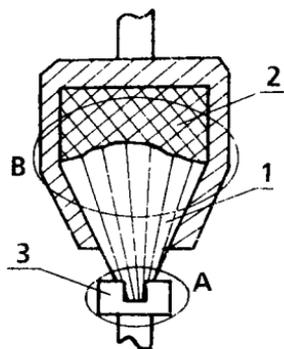
Конечно, это шутка. Но шутка, демонстрирующая неожиданное применение всем известной конструкции — обыкновенной щетки.

4.1. Наиболее известная функция щеточных конструкций — хорошо регулируемое прилегание к фигурным поверхностям, просто организуемый контакт с этими поверхностями и, что очень важно, — он сохраняется даже при интенсивном износе щетки.

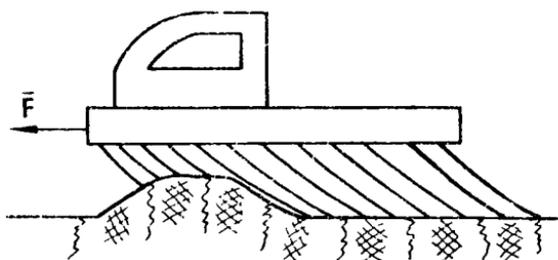
Традиционные области применения: нанесение покрытий и очистка поверхностей (так, в а. с. 1030305 предлагается использовать щетку для втирания смазки в подвижные части механизма); организация акустического, электрического, магнитного или иного контакта — так называемый «метелочный контакт» (см. а. с. 185447, 232995, 408404, 630684, 759757, 792370, 1022685 и многие другие). Но это неизмеримо мало по сравнению даже с тем, что может ординарная щетка. Познакомимся с ее полезными свойствами поближе.

4.2. Развитая поверхность щеточных конструкций позволяет в несколько десятков раз увеличивать площадь поверхности теплообмена, что применяется как для увеличения теплоотдачи, так и для охлаждения (а. с. 315893, 509314, 1059407).

Интересно, что по одной из гипотез гребни на спинах динозавров служили не только оружием, но и для рассеивания избыточного тепла.



Фиг. 4.1



Фиг. 4.2

4.3. Возможно применение щеточных конструкций для получения «слепков» и «контрслепков» фигурных поверхностей. Так, в а. с. 134635 предложена отвертка, рабочая поверхность которой образуется при вдавливании конических игл 1 в упругую подушку 2, в результате контакта игл с изделием 3 (фиг. 4.1). Важно, что если в зоне А можно получить «слепок» изделия, то в зоне В — «контрслепок».

Эта идея как с иглами, так и с набором пластин десятки раз повторялась в других отраслях техники. Например, для быстрой

регулировки инструмента для нанесения орнамента (а. с. 460988), экспериментального подбора аэродинамического профиля (а. с. 453494), регулирования кривизны беговой дорожки (а. с. 1158888).

При движении щеточной конструкции относительно фигурной поверхности возможно самоформирование профиля.

В патенте Великобритании № 1541134 описано транспортное средство (прицеп) для перевозок грузов по пересеченной местности (фиг. 4.2). Это сани, снизу подбитые эластичным матрасом из упругих прутьев. При движении транспортного средства по неровной поверхности деформируются отдельные прутья, оставляя неизменной общую форму щетки... Близкие идеи защищены и у нас в стране — а. с. 525771, где щетка является опорой для продвижения на место различных строительных конструкций, а также а. с. 1124984, где для получения всепогодного тренажера для лыжников его поверхность предлагается покрыть синтетическим ворсом с низким коэффициентом трения.

Издавна охотники северных народов подбивали опорные поверхности лыж мехом. «По шерсти» скользится легко, против, например, на склоне, — трудно...

Древняя идея была использована для создания вполне современных внутривходов, внедренных в практику для исследования труб большого диаметра изнутри (а. с. 510672, 656629, 838556, 962598, [2]). В отличие от лыж, здесь несколько групп щеток. Эти устройства способны двигаться даже по криволинейным участкам в результате попеременного движения и заклинивания щеток или их вибрации.

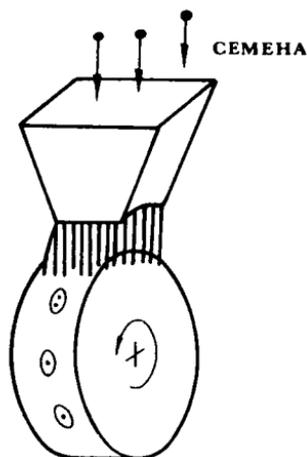
4.4. Щетка способна не только повторять изгибы взаимодействующей с ней поверхности, но и активно ее изменять — обрабатывать. Дело в том, что когда вращающаяся круглая щетка входит в контакт с изделием, то ее отдельные проволочки изгибаются и трутся об изделие уже не своей торцевой поверхностью, а боковой, что ведет к преждевременному износу инструмента. Московский изобретатель В. С. Салуквадзе поместил цилиндрическую металлическую щетку с радиально расположенной щетиной под пресс, который всесторонне прижал проволочки друг к другу. В результате был получен и запатентован новый «вращающийся режущий инструмент» — иглофреза. Она способна обрабатывать самые различные материалы: металлы, пластмассу, резину. При этом она никогда не засаливается (даже при обработке цветных металлов), снимая за проход 5 мм металла и отшлифовывая поверхность до высокого класса чистоты — а. с. 486521, 578949, [3].

4.5. Продолжим наше знакомство с взаимодействием щетки с различными поверхностями. Но вначале зададимся вопросом: какие поверхности самые сложные? Наверное, природные — ветви деревьев, кустарников. Но даже их успешно обрабатывает щетка, обеспечивая сбор плодов, ягод, шишек, семян, листьев, искусствен-

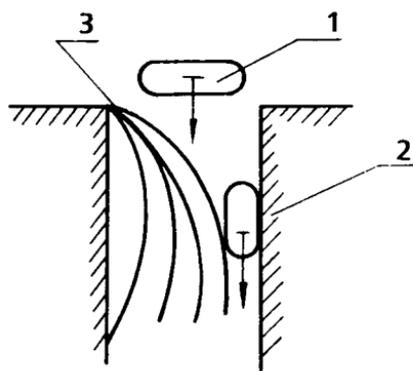
нре опыление растений. Указанные продукты благодаря развитой поверхности щетки и ее гибкости просто вычесываются.

Геометрия щеточной конструкции иногда позволяет эффективно разрешать противоречия типа: «должен быть проницаемым — не должен быть проницаемым».

Пример. Для высева люцерны в нашей стране применяют свекловичные комбайны. Но семена люцерны мелкие и не столько попадают в лунки вращающегося высеивающего диска, сколько просто попадают на его поверхность и беспорядочно скатываются в почву. Отсюда перерасход семян. Было решено сделать жесткие шторки, плотно прилегающие к высеивающему диску. Решение оказалось слабым — более плотное прилегание вело к быстрому выработыванию зазора, и все повторялось сначала... Более пригодным решением оказалась замкнутая по контуру бункера щетка, хорошо пропускающая сквозь себя диск и не допускающая просыпания семян — фиг. 4.3 (а. с. 829008).



Фиг. 4.3



Фиг. 4.4

4.6. Естественно, щеточные конструкции могут служить простым амортизатором, гасящим удары и вибрации. Например, колено трубопровода для сохранения транспортируемых в жидкости предметов предложено изнутри отделять ворсом (а. с. 1044565), как и ротор насоса для перекачки жидкости с легкоповреждаемыми включениями (а. с. 821748). Интересно а. с. 1320 (1934 г.): взлетно-посадочную полосу для аварийной посадки самолета предложено выполнять в виде гигантской щетины...

Можно привести другой исторический пример, где для опре-

деленной амортизации сабельного удара головным убором драгун и кирасир служила каска с плюмажем из конского волоса.

Как оказалось, для щеточных конструкций справедливо более общее утверждение, чем то, которое было сформулировано в начале этого пункта: они позволяют не только смягчать воздействие от чисто механических нагрузок, но и разрушать вредные веполы (под «полем» здесь будет пониматься и поток какого-либо вещества). Рассмотрим две типовые ситуации.

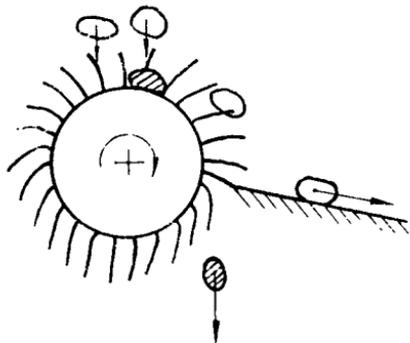
а) «Запутавшись» в щетке, нанесенной на поверхность, скорость потока, а значит и интенсивность воздействия поток—поверхность, резко снижается: новые порции вещества просто не достигают ее. Так, по а. с. 279443, 587242, 1182107 предлагаются покрытия (в том числе кавитационностойкие) путем закрепления на защищаемой поверхности искусственного ворса. Ближайшая природная аналогия — водоросли, в какой-то мере защищающие жизнь морского дна от грубых механических воздействий. На этом же эффекте — создании промежуточной неподвижной прослойки воздуха у поверхности — основано согревающее действие меха...

б) Возможно иное разрушение вредного веполя: расчленение потока щетиной на отдельные элементарные струйки с последующим «замешиванием» и взаимогашением этих струек... Таково покрытие для обтекания жидкостью или газом, на которое с целью снижения сопротивления трению нанесен ворс, наклоненный под углом 30—45° (а. с. 464716). В другой области техники решалась, казалось бы, совершенно непохожая задача: как снизить аэродинамический шум. Но принцип решения задач один: шумящий воздушный поток пропускали через систему зубцов... В результате были разработаны новые глушители шума по а. с. 515879, 591620.

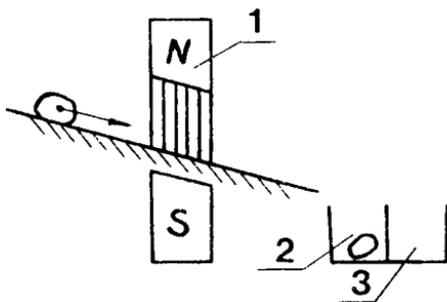
4.7. Редко используемое свойство щеточных конструкций — ориентация деталей. Например, вместо использования сложных колебаний, пневмообдува и других полей для ориентации изделий нестандартной формы — коконов — используется щетка с длинным и упругим ворсом — фиг. 4.4 (а. с. 621626). При падении один конец кокона или любого другого продолговатого предмета 1 касается жесткой стенки 2 и притормаживается силами трения, а упругий ворс 3 оказывает значительно меньшее сопротивление движению другого конца. В итоге происходит ориентация кокона (или иного продолговатого предмета) по длинной оси.

Щетка обладает свойством разделять материалы по плотности. В «Устройстве для отделения корнеклубнеплодов от комков почвы и камней» по а. с. 588946 это происходит следующим образом (фиг. 4.5). Под действием воздушного потока и сил упругости ворс в верхней части барабана принимает вертикальное положение. При попадании на ворс камни утопают в нем, а корнеплоды остаются на поверхности ворса и попадают на наклонную плоскость съем-

ника. Повышение управляемости подобной конструкции, очевидно,— это переход к ворсу, управляемому магнитным полем, что и зафиксировано в формулах изобретений по а. с. 1039590, 673227. Здесь для выделения нужного куска породы из транспортируемого по лотку потока включают магнит 1, ворс щетки становится вдоль силовых линий магнитного поля и тормозит движение выбранного куска (фиг. 4.6). Значит, он не долетит до бункера 3, а попадет в бункер 2.



Фиг. 4.5



Фиг. 4.6

4.8. Еще одна функция щетки — рыхлитель, ворошитель разнообразных деталей, например, в загрузочных устройствах (а. с. 287974, 103140), мешалка для растворов, вязких масс (а. с. 316463, 1109114).

Ряд «щеточных» решений направлен на смешение жидкости и газа. Если провести пальцем по смоченной щетке, то над ней вырастет облачко распыленной жидкости — аэрозоля. Если же сама щетка круглая, частично погружена в воду и вращается с трением о преграду, то это готовый генератор аэрозоля (а. с. 292676, 1007746, 1028373). При помощи этой же конструкции возможно и аэрирование жидкости: воздух, заключенный между ворсинками, заносится при вращении в жидкость (а. с. 1037900).

4.9. Итак, мы рассмотрели не менее десятка полезных свойств обычной щетки. А если их две? Увы, интересных решений в этом случае пока зарегистрировано гораздо меньше, в основном они касаются различных креплений. Соединяя пару щеток ворсом навстречу друг другу, мы получаем простейшие быстроразъемные соединения (а. с. 245505, 329585, 530964). Возможно применение щеточных конструкций не только для соединения друг с другом, но и для захвата, фиксации и скрепления фигурных деталей разнообразной формы и габаритов. В отличие от традиционных соединений, ими можно скреплять и детали с несоосно изготовленными монтажными отверстиями (а. с. 382860, 416471, 539165, 597867, 734433 и др.).

Кроме того, эти детали в какой-то мере могут быть подвижны относительно друг друга. Скажем, хоккейная клюшка по патенту СССР № 277655 для лучшего управления шайбой («прилипания» при обводке) имеет крюк, на поверхности которого намотана липкая лента с щетиной наружу. Аналогично устроен захват фигурных деталей по а. с. 460982. Надо сказать, что подобные «захваты» широко распространены в живой природе: это и различные растения, и обыкновенный еж...

Теперь читателю, наверное, будет очевидно решение такой задачи: при электрохимической обработке корпуса электронных приборов размещали в специальных гнездах. Сколько типоразмеров корпусов — столько видов гнезд... По а. с. 610211 предложено крепить обрабатываемые корпуса в ворсе из токопроводящих и упругих ворсинок.

Подобные соединения существуют благодаря трению. Одно из их усилий общеизвестно — это застежка «молния» со своими взаимогласованными поверхностями. Если же соединение требуется выполнить по плоскости, то это конструкция типа «репейник» (или «липучка») — его поверхность сплошь усеяна тысячами крохотных крючков, которые хорошо соединяются с любой ворсистой или волокнистой поверхностью (например, так выполнена манжета в новых аппаратах для измерения кровяного давления).

Вероятно, у «репейниковых» конструкций большое будущее: от получения съемных подошв для обуви до разборной мебели и строений...

Изготовление «репейника» защищено патентами СССР № 292261 и 316218; а. с. 369015, 419410.

4.10. Подведем некоторые итоги: щеточные конструкции могут рассматриваться как один из способов динамизации, повышения гибкости конструкций. В то же время и в патентной документации и в технической литературе они преимущественно встречаются в «чистом виде» — некая подложка и ворс. Технические решения, где кроме обычной щетки используется какой-либо геометрический эффект, крайне редки и далеко не исчерпали резервы своего развития. Более часто патентуются конструкции, усиленные применением физических эффектов.

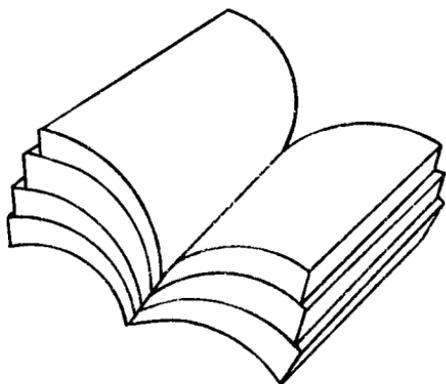
Вспомним опыт с электроскопом из школьного курса физики: при сообщении пучку лепестков электростатического заряда любого знака они «распушаются» и удерживаются в этом состоянии. Чем не способ управления щеточными конструкциями? Изобретатели не преминули им воспользоваться; например, сообщая различные по величине заряды ворсистой стенке канала, предложено регулировать его проходное сечение (а. с. 208319); или, если ворс закреплен на руке робота, — захватывать ажурные детали (а. с. 1215998).

Широкие возможности у электрического поля ультразвуковой

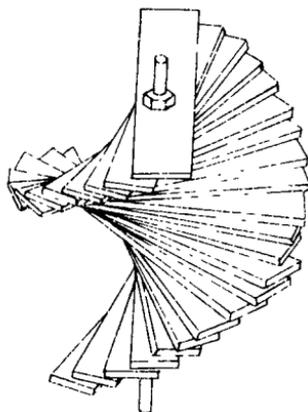
частоты: будучи поданным на ворс или стопку пьезопластин, оно вызовет их колебания, что можно применять для получения точных перемещений, вибронесущих опор, насосов и т. п. (а. с. 565115, 863900, 10686628).

Естественно, выполняя ворс из материалов с эффектом памяти формы, мы получаем самые неожиданные применения. Так, по а. с. 1044266 для предохранения скольжения обуви в гололед предложено в подошву вертикально утопить стержни из металла с эффектом памяти формы. При температуре ниже нуля они автоматически «вырастают» из подошвы, увеличивая ее трение о лед.

Совершенно не задействован в щеточных конструкциях би-принцип. А жаль — природные аналоги убеждают в его эффективности. Вот растение селлагинелла, обитающее в Мексике. В засушливые периоды оно сворачивается в сухой клубок, что позволяет свести потери на испарение влаги к минимуму, а в дождливое



Фиг. 4.7



Фиг. 4.8

время быстро разворачивается... Принцип селлагинеллы удивительно прост. На внешней поверхности ее веточек находятся крошечные чешуйки, способные легко и быстро впитывать воду. Напротив, нижняя сторона веточек никак не реагирует на увлажнение. По этой причине при колебаниях влажности воздуха растение либо свертывается, либо разворачивается, возобновляя свой рост.

4.11. Мало кто знает, что возможно не только управление ворсом с помощью полей, но и обратное, например, концентрация поля на кончиках каждой ворсинки. Таково решение по а. с. 185780, которым защищен магнитный сепаратор. Более того, определенное соотношение выступов и впадин на поверхности постоянного магнита увеличивает силу притяжения к нему [1].

При воздействии жесткого ворса с поверхностью на кончиках его развиваются высокие удельные нагрузки, что применяется для введения лекарств (а. с. 874066), стимуляции поверхности кожи, обработки древесины (а. с. 852261).

Для сбора утренней влаги (росы) прямо из воздуха, даже в условиях пустынь, по а. с. 582800 предложено применять ворсистую ленту, натянутую между парой роликов. При перемотке жидкость отжимается валками и сливается в емкость.

4.12. Редко используются изобретателями ближайшие «родственники» щеточных конструкций — системы из пластин. Например, если стопка клиновых пластин имеет на своем торце общую ось вращения, то перед нами легко регулируемое кресло, игрушка, форма для дизайна — фиг. 4.7. Если же пластины насажены на одну общую ось, перпендикулярную их плоскости, то перед нами «веер» (фиг. 4.8), который может пригодиться для получения разнообразных форм — от архитектурных до газо- и гидродинамических профилей (а. с. 792495, 1093364, 1159648).

Вот формула изобретения, посвященного получению различных форм для дизайна и архитектуры, — а. с. 718569: «Способ изготовления оболочек, включающий укладку однотипных плоскостных элементов и параллельный перенос элементов относительно друг друга со смещением, отличающийся тем, что, с целью расширения диапазона форм, укладку элементов производят перпендикулярно продольной оси ее поперечного сечения, а при параллельном переносе элементов осуществляют разворот их относительно друг друга на заданный угол».

В заключение укажем, что вопросы изготовления традиционных щеточных конструкций изложены в книге [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешинский В. Г. О зубцовом эффекте в магнитах. Электротехника, 1971, № 2.
2. Григорьев А. Давнее мое увлечение. Изобретатель и рационализатор, 1986, № 1.
3. Передовой научно-технический и производственный опыт. Новые прогрессивные мероприятия по борьбе с коррозией. М.: ЦИТЭИН, 1961, вып. 19, № 331.
4. Шаров Н. В., Гинзбург Е. Н., Лучкин В. Ф. Производство кистещетоных изделий. М., 1981.

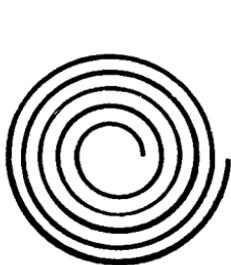
5. ПРОФЕССИИ СПИРАЛИ

Древний человек жил среди природы и присматривался к ее проявлениям, прежде всего к тем, что наиболее активно ему противостояли — к пляшущим языкам лесного пожара, закручивающемуся смерчу, водовороту — и видел в этих явлениях нечто общее: вихрь, спираль, которая, оказывается, есть и в расположении лепест-

ков ромашки, в полете крылатки клена, в строении раковины улитки, паутины и даже собственного уха...

Археологи отмечают изображение спирали уже в неолите (6000—2000 лет до н. э.) практически у всех народов. Вопреки распространенному мнению, можно утверждать, что гений Архимеда Сиракузского (около 287—212 гг. до н. э.) лишь доказал ряд теорем, связанных с определенным видом спиралей, нашел их применение для водяных насосов, для приведения в движение механизмов, подытоживая тысячелетний опыт в этой области, но никак не открывая спираль впервые.

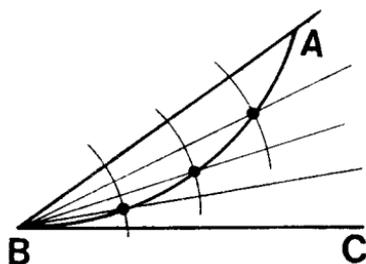
Ныне спирали и винтовые линии — самые патентуемые из всех классических геомформ.



Фиг. 5.1



Фиг. 5.2



Фиг. 5.3

5.1. В своем труде «О спиралях» Архимед так определил спираль, ныне носящую его имя: «... если какая-нибудь прямая в плоскости равномерно вращается вокруг одного своего конца, удерживаемого неподвижным, вернется опять в исходное положение, и одновременно по вращающейся прямой равномерно движется некоторая точка, выходя из неподвижного конца, то эта точка на упомянутой плоскости опишет спираль» (фиг. 5.1). С незначительными терминологическими изменениями определение спирали Архимеда дошло до наших дней. Вот уравнение спирали Архимеда в полярной системе координат: $\rho = a\varphi$, где a — постоянная. Отметим, что одинаковые по величине, но противоположные по знаку углы φ соответствуют равным, но также противоположным по знаку ρ , а следовательно, в общем случае каждая спираль состоит из двух ветвей, одна из которых разворачивается по часовой стрелке, а другая — против.

5.2. Ознакомимся вкратце с некоторыми замечательными свойствами спирали Архимеда.

Расстояние между двумя последовательными витками спирали Архимеда является величиной постоянной и равной $2a$. Существует строгое доказательство, однако этот факт легко заметить, глядя

на торец рулона бумаги или иного листового материала. В частности, это свойство спирали используется в самоцентрирующихся патронах и близких им устройствах.

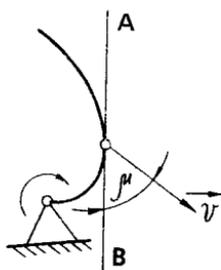
Кулачок, выполненный по форме спирали Архимеда, позволяет преобразовывать равномерное вращательное движение в равномерное возвратно-поступательное движение, ибо величина радиус-вектора этой спирали пропорциональна углу поворота (фиг. 5.2). Это же свойство позволяет при помощи только циркуля и линейки делить произвольный угол ABC на N равных частей (фиг. 5.3). Для этого прямую AB делят на N равных частей, делают циркулем соответствующие засечки на отрезке дуги спирали Архимеда и, проводя из вершины угла ABC лучи в точки пересечения засечек с дугой спирали, получают искомое деление.

5.3. Логарифмическая спираль образуется при равномерном вращении радиус-вектора, по которому движется точка, причем ее перемещение пропорционально удалению от начала координат (фиг. 5.4). Уравнение логарифмической спирали в полярной системе координат: $\rho = \rho_0 a^{\varphi}$, где a — постоянная. Если $a > 1$, то спираль развертывается в направлении против часовой стрелки, если меньше — то по направлению часовой стрелки.

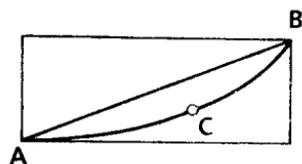
Угол, заключенный между касательной в любой точке и радиус-вектором, проведенным в точку касания, есть величина постоянная для каждой логарифмической спирали и равная



Фиг. 5.4



Фиг. 5.5



Фиг. 5.6

$\arctg 1/\ln a$. Таким образом, эта спираль «пересекает» свои радиус-векторы под одним и тем же углом (из всех кривых подобным свойством обладает лишь окружность). Это свойство широко используется в различных вращающихся режущих органах (а. с. 858896, 982552, 1033027 и др.). В случае, если их режущая кромка очерчена по логарифмической спирали, то угол резания μ , заключенный между касательной к режущей кромке и вектором линейной скорости, при вращении остается неизменным (фиг. 5.5).

Интересно, что если намотать на логарифмическую спираль нить, то при разматывании ее конец опишет линию, равную исходной спирали. Точно так же равную спираль образуют основания пер-

пендикуляр, опущенных из полюса на касательные к логарифмической спирали. Эта способность логарифмической спирали оставаться неизменной при самых различных преобразованиях настолько поразила изучавшего ее Якоба Бернулли, что он назвал ее *Spira mirabilis* (чудесная спираль) и завещал изобразить эту спираль на своем надгробии вместе с надписью: *Eatem mutata, resurgo* (преобразованная, возрождаюсь вновь). Но по иронии судьбы на надгробии изобразили спираль Архимеда.

Рассмотренные спирали наиболее часто встречаются в технике. Другие виды спиралей и их свойства подробно рассмотрены в книге [6].

5.4. Винтовая линия постоянного шага образуется при наворачивании плоскости с нанесенной на ней кривой *ACB* на круговой цилиндр (фиг. 5.6). Такие линии применяются в винтовых конвейерах, шнеках, червячных прессах для плавного изменения шага по длине винта.

Соответственно винтовая поверхность и винтовое тело образуются путем перемещения линии или тела как вокруг некоей оси, так и вдоль нее.

А теперь мы можем приступить к знакомству с малоизвестными применениями спиральных форм.

5.5. Задача полной автоматизации изготовления и сборки таких изделий, как корпус судна, автомобиля, реакторной колонны, даже не ставится в изобретательских темниках. Это и понятно. Различные детали будущего корпуса нужно изготовить (а это уже целый комплекс проблем), подать в сборочный цех, взаимно сориентировать, подогнать друг к другу и, наконец, скрепить. На сегодняшний день даже самый совершенный робот просто запутается в опознавании и взаимной ориентации исходных элементов, не говоря уже об остальных технологических операциях. Поэтому сборку традиционно ведут вручную высококвалифицированные рабочие.

И все же альтернатива для автоматизации есть. Что важно для любой автоматизированной системы, работающей не в лабораторных условиях, а на конкретном производстве? Максимальная простота, единообразие изделий, с которыми она оперирует. В пределе — вообще обрабатывать одну-единственную заготовку, из которой и получать всю гамму необходимых изделий... Разве такое возможно? Да, если речь идет об изготовлении деталей методом намотки. Скажем, по а. с. 644658 корпус автобуса или иного транспортного средства предложено получать крестообразной намоткой синтетических жгутов, предварительно пропитанных синтетическими смолами, а для придания конструкции жесткости между слоями закладывать металлическую арматуру. Если теперь сравнить две технологии — традиционную и описанную только что, видно, что процесс намотки несравненно легче автоматизировать и поручить машине.

Существует мнение, что процесс намотки (т. е. получение сложной пространственной спирали) впервые встречается в истории техники как промежуточная станция накопления и хранения материала при прядении и ткачестве. Видимо, этот технологический прием обладает большими возможностями, ибо в истории техники он неоднократно переизобретался. Показательна в этом отношении история развития сборных металлических резервуаров для нефти и тому подобных продуктов. В 1878 г. по проекту выдающегося инженера В. Г. Шухова был склепан и установлен первый цилиндрический резервуар в нашей стране. Шло время. Клепку постепенно стала вытеснять более технологичная сварка. В 1939 г. в СССР был построен первый резервуар емкостью 1000 м³. В дальнейшем, стремясь экономить время, монтажники стали собирать резервуары из более укрупненных блоков. Если устремить эту тенденцию к пределу, то естественно предположить, что должна прийти пора, когда резервуары станут изготавливать всего из нескольких или даже одного блока. Так и случилось. Но как перевезти такой блок к месту строительства? Инженер М. И. Бейлин предложил в заводских условиях изготавливать всю боковую поверхность, дно и крышу в виде полотнищ из листовой стали. Затем полотнища сворачивают в рулон и в таком виде переправляют на место установки резервуара (а. с. 71464). Здесь рулоны разворачивают и сваривают друг с другом. Общие затраты на монтаж такого резервуара исчисляются днями, а не месяцами, как это было раньше. Употребляют намотку лент и для создания «младших братьев» резервуаров — сосудов высокого давления.

Приведенные решения построены на едином принципе: получение правильных оболочек (впрочем, возможно изготовление и сплошных тел) путем намотки полотнищ, лент, проволоки. Неудивительно, что этот простой и эффективный способ со временем вышел за рамки только машиностроительного применения. Так, по а. с. 203924 (автор — А. П. Лукашина) предложено изготавливать головные уборы путем навивки на основание одноцветных или многоцветных шнуров диаметром 6—8 мм, которые затем сшивают меж собой в произвольных местах. Заметим, что в отличие от вязаных, такие шапки можно получать буквально за несколько минут, причем из одного шнура — различные типоразмеры...

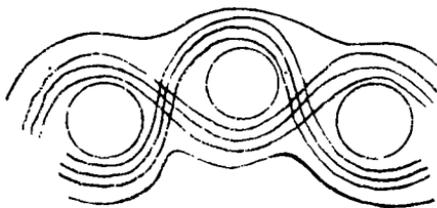
Есть у этого изобретения и природный аналог — насекомые богомолы вяжут весь кокон из одного-единственного «шнура» — клейкой жидкости, твердеющей на воздухе.

Мы еще не раз встретимся с тем, что из сравниваемых технических решений лучшим будет то, в котором при прочих равных условиях желаемая цель достигается главным образом с помощью геометрической формы, а не за счет экзотических физических эффектов. Примером увеличения производительности при

помощи намотки может служить такой: чтобы не укладывать каждую ампулу с лекарством в коробку вручную, авторы изобретения по а. с. 251763 считают возможным заменить коробки всех типоразмеров кассетой в виде спирали из ленты L-образного сечения — т. е. ввести простейшую связь между ампулами — геометрическую. Сворачиваясь, лента будет надежно удерживать ампулы между своими витками. Кстати, если это необходимо, ленту можно навить и в виде прямоугольника и вставлять в стандартную тару.

Уже указывалось, что технология получения всего из одной заготовки целой гаммы деталей методом намотки постепенно вышла за рамки машиностроения и распространилась на другие области. В то же время таких «выходов» не так уж много — максимум несколько десятков за последние 20 лет. А жаль — возможности намотки гораздо шире. Подтвердим это еще примерами.

Как обычно создаются пористые тела? Путем образования пор в сплошном теле. Вспомним обо всех рассмотренных решениях: от изготовления целого из отдельных разнородных элементов к изготовлению этого целого всего из одного качественного однородного элемента... А их у нас всего два: поры и ограничивающие их стенки. Навить поры? Вряд ли такое возможно. Навить стенки? Пожалуй, да — основная идея изобретения по а. с. 874248 — получение пористого тела произвольной формы путем намотки проволоки с предварительно завязанными на ней узлами. А если эта проволока — легкорастворимая нить, а узлы — частицы абразива? Тогда это способ получения семейства абразивных инструментов (а. с. 680869).



Фиг. 5.7

5.6. Изготовление тел при помощи намотки обладает еще одним преимуществом: нити или ленты можно уже при формировании изделия укладывать по направлению главных механических напряжений в соответствии с картиной распределения усилий. Характерный пример — а. с. 179558. Этим авторским свидетельством защищен способ изготовления сепаратора шарикоподшипника из текстолита. Вместо прежнего высверливания отверстий под шарики, что приводило к разрыву отдельных нитей и уменьшало прочность всей конструкции, предложено навить сепаратор из волокон, пропитанных искусственными смолами, как показано на фиг. 5.7.

Может возникнуть вопрос: почему намотку, как правило, производят нитями или лентами? Ответ заключается не только в том, что с такими формами легче обращаться, чем, например, с листовым материалом. Материаловеды давно заметили, что если взять металлический слиток, разделить его пополам, а затем одну половину прокатать до толстого листа, а другую выкатать до тонкого, то удельные характеристики второго будут значительно выше. Если теперь навить из него трубу, то она сохранит его преимущества — высокую прочность и пластичность (а. с. 85276). Кроме того, над многослойными конструкциями не висит угроза лавинообразного, хрупкого разрушения — трещина просто «застревает» между отдельными слоями материала.

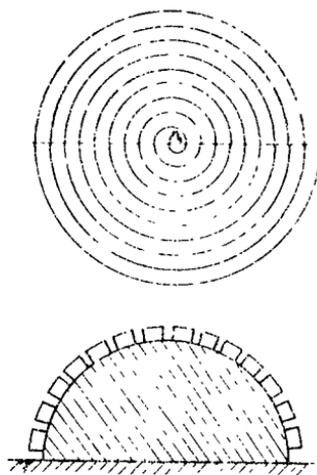
Переход от монолитных конструкций к витым позволил более полно использовать свойства исходного материала, но в то же время современной технологии не удается получать высокопрочные материалы, механические напряжения которых близки к расчетным. Главная причина снижения допускаемых напряжений в сотни раз — «засоренность» реальных конструкционных материалов большим количеством разнообразных дефектов. Пока удастся получать лишь «усы» (виксеры) — тонкие нитевидные бездефектные кристаллы, допускаемые напряжения в которых на порядок выше, чем у лучших конструкционных материалов. Например, армирование сверла с алмазосодержащим режущим слоем нитевидными кристаллами карбида кремния увеличивает его стойкость в четыре раза (а. с. 768649).

Подобным образом часто удается разрешить противоречие: деталь нельзя изготовить целиком (например, прочной, вязкой...) и надо изготовить. Под такое противоречие подпадает и решение, изложенное в описании а. с. 214960: часто трудно намагнитить монолитную деталь. В таком случае проще не искать мощный электромагнит, а намагнитить, что значительно проще, ленту, из которой и намотать деталь.

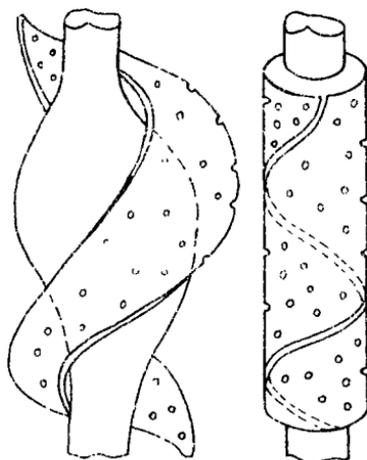
С практической точки зрения читателю будет интересно познакомиться с усилением и общеизвестных материалов. Ознакомимся с изобретением по а. с. 462627, где предлагается при изготовлении напряженных изделий методом намотки из ленты подвергать внешнюю поверхность ленты пластическому деформированию дробеструйной обработкой — внешний слой ленты при этом удлиняется и создает постоянный изгибающий момент, направленный на сворачивание ленты, в результате чего образуется дополнительный натяг в каждом витке. Это позволяет оболочке эффективнее противостоять внутренним, распирающим ее усилиям. Любопытно отметить, что с проявлением данного принципа — использования различия в свойствах слоев материала — сталкивался каждый читатель. Это — перекрученный по спирали телефонный провод. Основой для его изготовления послужило а. с. 143852, полученное работниками

ВЭФа. После намотки на оправку провода с одновременным скручиванием относительно продольной оси его внешний слой нагревают до температуры, близкой к температуре размягчения пластмассовой изоляции. Каждый может убедиться, что провод долго сохраняет свою форму и послушно возвращается к ней после снятия нагрузки.

5.7. Последние примеры относились к усилению традиционной намотки. А не появилось ли за последние годы что-то новое в самом процессе намотки?



Фиг. 5.8

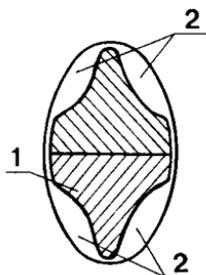


Фиг. 5.9

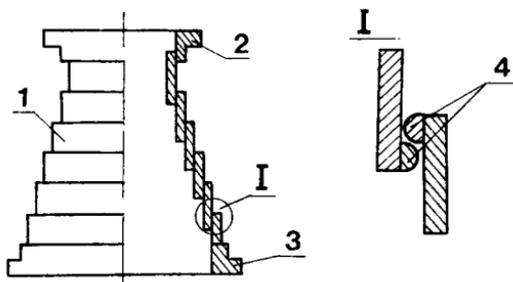
Познакомимся с несколькими примерами. Первый из них — а. с. 846004: «Способ изготовления выпуклых изделий». Дело в том, что если протяженные тела типа труб, баллонов, цилиндров получать, как мы видели, методом намотки просто, то при изготовлении конических крышек с углом раскрытия больше 90° нить или лента соскакивают с такого тела. Поэтому, даже если сам корпус можно изготовить технологической намоткой, то крышки к нему приходится собирать по-прежнему из отдельных деталей. Изобретатель А. Д. Швабе предлагает вырезать заготовку из плоского листа по развертывающейся спирали Архимеда — фиг. 5.8. Закрепив заготовку в полусферической части (точка А), начинают навивать спираль по контуру болванки так, чтобы кромки двух соседних витков были плотно пригнаны, после чего их скрепляют любым известным способом (для получения более прочной крышки навивку можно производить несколькими спиралями, например, правой и левой навивок по-слойно).

С последним приведенным изобретением перекликаются изобретения по а. с. 566567 и 1092105 — для быстрого надевания оболочки на цилиндрический предмет, будь то вена или контейнер, тоже используют оболочку, рассеченную по винтовой линии (фиг. 5.9).

Другой обещанный пример — а. с. 207754: «Способ изготовления корпусов мелких судов методом намотки». В чем суть проблемы? Никак не удавалось получить натяг нити во впадинах — ведь суда имеют явно выраженный киль. Но эта задача была решена. Чтобы читатель мог яснее представить суть решения, вспомним, как штопают одежду: ее и саму штопку натягивают на выпуклую поверхность. Неизвестно, чем руководствовались авторы рассматриваемого изобретения, но их решение в существенных чертах напоминает этот древний процесс. На болванки будущих корпусов 1 (фиг. 5.10), сложенных вместе по линии палубы, накладывают четыре эластичных мешка 2, куда нагнетают воздух. Далее, как обычно, производят намотку поверх образовавшейся поверхности. По окончании намотки воздух из мешков стравливают и полученную поверхность вдавливают в нужное положение. Образовавшийся «кокон» разрезают



Фиг. 5.10



Фиг. 5.11

по линии палубы, получая сразу два корпуса малотоннажных судов. Очевидно, читателя теперь не затруднит такая задача: для испытания фильтров вместе с поступающим туда воздухом надо подавать песок, пыль, частицы глины и прочие добавки. Иногда нужно подавать один компонент, а зачастую требуется одновременно подавать и до нескольких десятков. Каждая добавка должна поступить в свое время по составленному графику, поэтому смешивать их заранее в некую усредненную смесь нельзя. Как быть?

Задача выбрана не случайно: она опробована на большом количестве слушателей общественных школ и институтов изобретательства. Типичные решения — поручить дозирование ЭВМ, сделать автоматизированную систему с несколькими десятками дозаторов... А между тем черты будущего решения нам уже известны: необходимо ввести связь между разрозненными элементами. Простейшая

связь — геометрическая. Действительно, по а. с. 305363 добавки предварительно наносят в соответствии с графиком подачи на ленту или (в случае нескольких различных добавок) на несколько различных лент, сложенных в пакет. Сами ленты можно изготовить из беззольной бумаги и сжигать ее при попадании в зону испытаний.

Поучительно, что в последующие годы были выданы а. с. 550930, 642101, 662183, 860220 и другие, использующие этот принцип в ряде отраслей техники. Убедиться в этом читатель может самостоятельно.

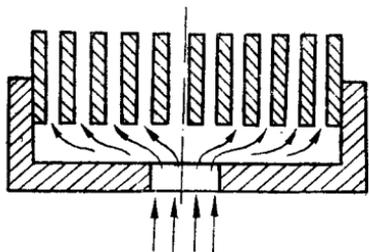
5.8. Как можно защитить от стружки, пыли, окалины такие подвижные элементы, как шток цилиндра и винтовую пару?

Справочные руководства рекомендуют применять или телескопические кожухи или сильфоны. Но первые сложны в изготовлении (надо подобрать трубки близких диаметров, спрессовать их концы, собрать), а вторые, кроме того, просто не могут обеспечить рабочие ходы того же штока цилиндра, в несколько раз превышающие размеры самого сильфона...

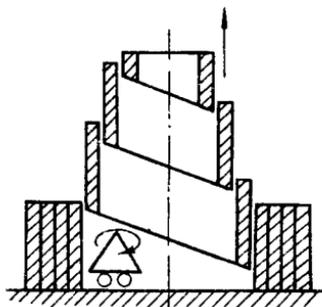
Сформулирована очередная задача. Но прежде чем рассказать о ее решении, вспомним о гибком портновском сантиметре. Если его скрутить в спиральную катушку, а затем вытянуть вверх (или вниз) внутренний центральный виток, то получится довольно длинная и жесткая телескопическая трубка, свитая из витков катушки. Один виток перекрывает другой — зазоров нет. При этом конструкция предельно технологична — моток ленты и никаких затрат технологического порядка. По а. с. 371393 и 649830 эту конструкцию предлагается использовать для защитных кожухов. А чтобы витки 1 не могли соскочить друг с друга, вдоль длинных кромок ленты закрепляются упоры 4, как показано на фиг. 5.11. При экспериментировании с этими устройствами изобретателем Л. И. Рабиновичем было замечено, что при значительных ходах между витками телескопируемой ленты образуются радиальные зазоры, что недопустимо для защитного кожуха. Как их избежать? Очень просто: достаточно немного подкручивать крайние витки 2 и 3 ленточной спирали навстречу друг другу (а. с. 413321, 512300). В дальнейшем для более гарантированного перекрытия образующихся при растяжении спиралей было предложено использовать две установленные одна внутри другой телескопируемые спирали, а поскольку наиболее вероятно появления щелей в области витков меньшего диаметра, то спирали установлены своими верхушками навстречу друг другу (а. с. 561653). Если же необходимо обеспечить герметичность кожуха при сохранении его жесткости, то внутрь его, считает изобретатель Ю. В. Баландин, можно поместить упругий элемент, например, из резины (а. с. 945580).

5.9. Группа только что рассмотренных изобретений имела своей целью перекрыть все возможные зазоры и щели. Но часто как раз и требуется получать регулируемые отверстия и щели, что при по-

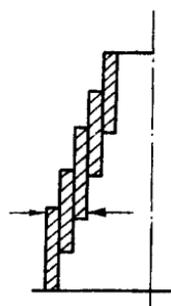
мощи ленточных конструкций легко достижимо. В изобретении по а. с. 203139 «Газовый эжектор» легко регулируемые скручиванием зазоры между витками нужны для подачи через них воздуха высокого давления, который разгоняет воздух низкого давления, движущийся по оси скрученной ленты. А в изобретениях по а. с. 941728 и 1084043 для получения соответственно газостатической опоры и фильтра предложено вместо капиллярно-пористых материалов воспользоваться мотком ленты с зазором между витками — фиг. 5.12.



Фиг. 5.12



Фиг. 5.13



Фиг. 5.14

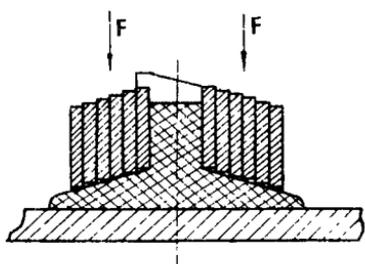
Описывая борьбу с зазорами, а в другом случае использование их, мы оставили в тени свойство ленточных конструкций в десятки и сотни раз увеличивать свои линейные размеры. Так, по патенту США № 3451182 предлагается сооружать телебашни, антенны, мачты и тому подобные сооружения путем вытягивания ленты из спирально уложенной катушки. Но чтобы вытянуть ленту на большую высоту, нужен кран, по крайней мере, на несколько метров выше сооружаемой мачты. Простота и экономичность самой конструкции в итоге «съедается» стоимостью перевозки и монтажа крана... Выход был найден в советском изобретении по а. с. 536308: на первом поднимаемом витке (фиг. 5.13) выполняется косой срез, тележка, упираясь своей вершиной в косой срез и оставаясь на земле, начинает движение по окружности. По мере движения виток начинает подниматься. В поднятом состоянии он закрепляется любым из известных способов, например сваркой. Все последующие витки также будут развиваться по винтовой линии, поэтому тележка, последовательно обходя виток за витком, постепенно выдвинет ту же башню, что и высотный кран.

Есть еще один способ регулировки линейных размеров при помощи рассматриваемой конструкции: перемещая относительно друг друга витки, можно регулировать толщину покрытия.— фиг. 5.14 (а. с. 1211563).

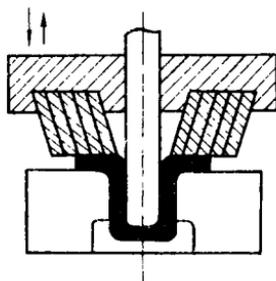
Подведем итог. Если мы можем эффективно регулировать линейные размеры, следовательно, таким же образом можно управлять

величиной поверхности, объемом и сводимыми к ним параметрами.

5.10. Для склейки деталей в виде тел вращения их необходимо сжать, желательнее в каждой точке. А. с. 413057 защищена идея спрессовки такой детали, как пятка вентиля, телескопируемой лентой — фиг. 5.15. На этом же свойстве — получение профиля и антипрофиля правильных тел — основаны электроды для электрохимической обработки. Несколько иное назначение отводится этой конструкции в а. с. 700238 «Штамп глубокой вытяжки». Чтобы произвести вытяжку, надо постоянно «подтягивать» новые порции металла с периферии штампуемого листа к центру, для чего можно прибегнуть к упругому элементу в виде конической спирали с витками, наложенными один на другой (фиг. 5.16). Пружину приводят в колебательное движение — в моменты соприкосновения с листом благодаря силам трения боковая поверхность витков аккуратно подтягивает материал к оси пуансона.



Фиг. 5.15

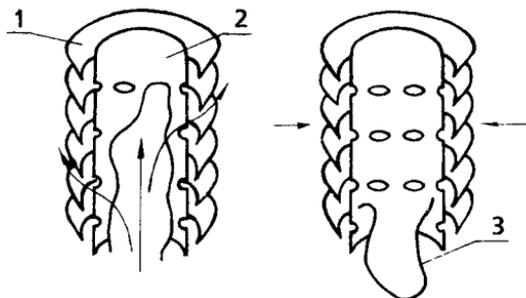


Фиг. 5.16

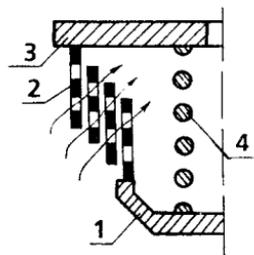
Неожиданно использование «телескопа» в изобретении по а. с. 306860 «Фильтр». Телескоп работает как механический полупроводник. Взгляните на фиг. 5.17: фильтруемая жидкость проходит сквозь слой фильтрующего материала 1, беспрепятственно проходя и через перфорированную трубу 2 и спираль из эластичной ленты 3, намотанной на нее. Но фильтры надо периодически очищать. Для этого поток жидкости реверсируется и подается на фильтр в обратном направлении. Жидкость в этом случае может беспрепятственно проходить лишь сверху — проходу с боков мешают сомкнувшиеся под ее давлением витки телескопической спирали. Фильтр выворачивается, деформируется, и из него вымывается осадок.

Венцом подборки является а. с. 909343 «Входное устройство насоса» А. В. Розанова. Главная особенность этого изобретения в том, что входное устройство насоса, а иначе — фильтр, от твердых включений способен очищаться сам, без вмешательства человека. Де-

ляется это так. Фильтр изготавливают в виде спирально уложенной ленты с рядом отверстий, при этом один конец ленты закрепляется на корпусе 1 насоса, а другой — на подпружиненной относительно корпуса втулке 3 (фиг. 5.18). Вся конструкция в сборе помещается в объем жидкости, который необходимо перекачать. В начале работы отверстия почти перекрыты смежными витками 2. По мере загрязнения фильтра перепад давления увеличивается и, преодолевая сопротивление пружины 4, лента складывается так, что отверстия каждого витка становятся друг против друга. При «складывании» осевшие загрязнения механически очищаются, а проницаемость фильтра увеличивается — перепад давлений исчезает, и он вновь возвращается в исходное положение. Так происходит периодическая самоочистка входного устройства насоса.



Фиг. 5.17



Фиг. 5.18

Заканчивая пункты Указателя ГЭ, посвященные ленточным спиральным конструкциям, еще раз подчеркнем их преимущество перед известными телескопическими конструкциями — простоту и универсальность. При использовании для одних и тех же целей лента, навитая в рулон, выполняет минимум две функции: во-первых, увеличивает длину, ширину и т. д., во-вторых, служит болванкой для последующих витков. Жаль, что изобретатели прибегают к подобным конструкциям сравнительно редко — несколько изобретений на каждые 100000. Вот пример. Патент СССР № 583773, выданный в 1978 г. японскому изобретателю Х. Нака. В описании к патенту рассказывается о конструкции переходного устройства для эвакуации людей при пожаре, выполненного как система входящих один в другой кольцевых элементов. Не упоминая об альтернативной реализации той же функции (см. п. 5.8), японский изобретатель существенно сузил свои права и лишил себя возможности реализовать заявляемую конструкцию наиболее технологичным способом, всего из одной детали — ленты, навитой в рулон.

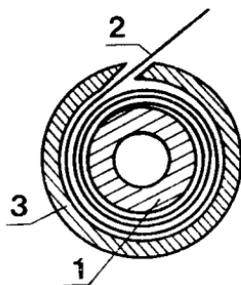
Редкое применение ленточной спирали, вероятно, способствовало и «неразвитию» самой формы. Лишь в 1986 г. появилось изоб-

речение по а. с. 1236241, где внутренние витки навиты по форме произвольного правильного многоугольника — фиг. 5.19. Вращая внутренние витки, можно получить конструкцию, увеличивающую свой диаметр вдвое и более при сохранении радикальной жесткости.

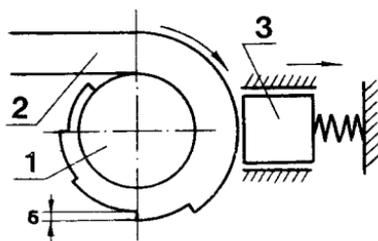
5.11. Для получения неточных соединений типа «вал-втулка» важна величина зазора между деталями. Чуть больше или чуть меньше — и детали уже будет не сопрячь или же они будут свободно ходить относительно друг друга. Противоречие: необходимо изменить диаметр детали и в соединении отсутствует регулируемый элемент, значит, его надо ввести. В описании изобретения по а. с. 558112 рассказывается, как это сделать. На охватываемой детали 1 закрепляется конец гибкой ленты 2, проходящей через щелевое отверстие во втулке 3 — фиг. 5.20. При вращении вала 1 лента 2, проходя через щель, наматывается на вал. Величина зазора здесь особого значения не имеет — ее легко скомпенсировать намоткой.



Фиг. 5.19



Фиг. 5.20



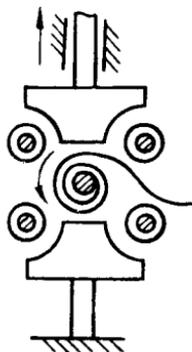
Фиг. 5.21

Приведенное решение является, так сказать, переходным от конструкций статических к конструкциям динамическим, управляемым, в частности, путем эффектов перемотки. Характерный пример — а. с. 717447 «Шаговый привод» (фиг. 5.21). При вращении бобины 1 лента 2 наматывается (или сматывается) на нее. В те моменты, когда начало каждой ступени, выполненное на ленте 2, оказывается на радиусе бобины 1, направленном в точку контакта с ведомым звеном 3, происходит мгновенное изменение расстояния между осью бобины 1 и звеном на толщину очередной ступеньки δ , и оно совершает шаговые перемещения по заданному закону. Понятно, что в подобных конструкциях диаметр можно регулировать с точностью до толщины ленты, а она может варьировать от десятков до долей миллиметра.

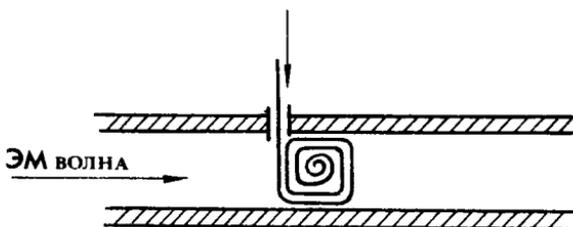
Рассмотренное свойство наматываемой ленты было использовано авторами изобретения по а. с. 461051 «Домкрат» (фиг. 5.22). Его устройство понятно из рисунка: наматывая ленту на рабочий орган,

мы увеличиваем его диаметр и тем самым перемещаем выдвижной шток.

Последняя пара примеров выбрана автором из патентного фонда по принципу: плавное или ступенчатое регулирование диаметра детали. Но раз можно регулировать диаметр, значит, такие конструкции смогут пригодиться и для управления линейными размерами... В качестве примера познакомимся с а. с. 350089 «Перестраивающийся резонатор». До этого изобретения, а оно было сделано в 1972 г., перестройку волнового резонатора производили так: отключали питание, разбирали конструкцию, вкладывали внутрь волновода диэлектрический вкладыш определенных размеров, собирали вновь. Смотрели — на расчетную частоту получился резонатор или нет. Оказалось, что эту же цель можно достичь более простыми средствами, если сделать вкладыш в виде диэлектрической ленты, наматываемой через узкую щель в стенке волновода — фиг. 5.23.



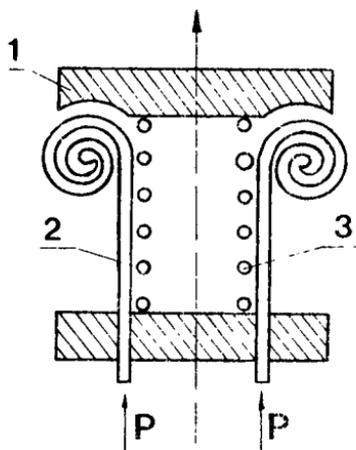
Фиг. 5.22



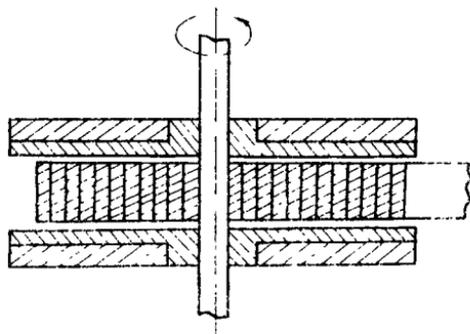
Фиг. 5.23

Другой пример для реализации той же функции — регулирования линейных размеров — встретился в описании изобретения по а. с. 1059336 «Устройство для передачи поступательного движения в герметичный объем». Предварим рассказ об этом изобретении таким замечанием. Ясно, что для передачи значительных поступательных перемещений устройство должно быть «большим», а при хранении — «малым». Итак, противоречие: «большое — малое». Здесь оно было разрешено несколько другим способом, чем указывается в п. 5.12: ведущее звено 2, как показано на фиг. 5.24, изготовлено из замкнутой двухсторонней оболочки, находящейся в скрученном состоянии, а при подаче давления во внутренние полости оно распрямляется и перемещает подпружиненное ведомое звено 1 (при снятии давления система возвращается в исходное положение под действием пружины 3).

5.12. Закономерен вопрос: если путем перемотки легко регулировать линейные размеры, то нельзя ли так регулировать площадь? Можно. Тому подтверждение — а. с. 733041 «Регулируемый электрический конденсатор». Цель изобретения — регулирование емкости конденсатора с точностью до долей процента от действующей емкости — задача, прежде механическими средствами не решаемая. Какими простыми средствами цель была достигнута, понятно из фиг. 5.25.



Фиг. 5.24



Фиг. 5.25

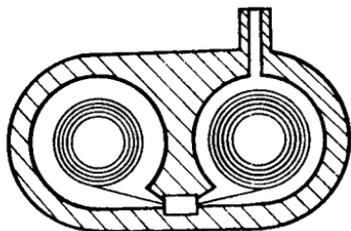
А в насосе Подойницыных по а. с. 437845 с целью упрощения конструкции устройство для изменения объема выполнено в виде перематываемых рулонов ленты — фиг. 5.26.

С изменением длины, площади, объема неизбежно связано и изменение, а значит, и возможность регулировки других физических параметров — массы, моментов инерции (а. с. 727246), емкости и других. Так, в а. с. 907400, выданном в 1982 г., для повышения точности установки уравновешивающего момента на весах используется перемотка.

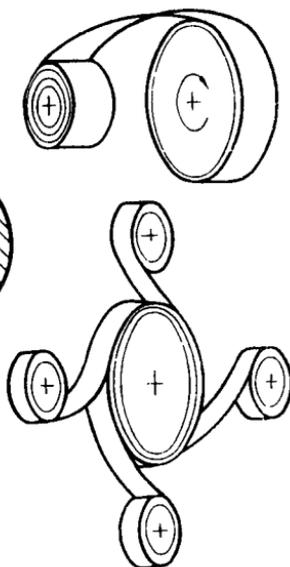
Поскольку при перемотке происходит плавное изменение диаметра каждой из бобин, это ведет к изменению передаточного отношения между ними. Изобретатель Н. В. Гулия стал использовать этот эффект для создания маховиков, воспринимающих кинетическую энергию механизма при его торможении и отдающих ее при разгоне (а. с. 180029, 229152, 239720). Например, если упругая лента, развивающая постоянную силу, накручена на два барабана, то она перематывается на меньший барабан и будет действовать как двигатель с постоянным вращающим моментом. Энергию от нескольких двигателей (или маховиков) просто суммировать, соединив их с одним

барабаном, как показано на фиг. 5.27. С подробностями таких конструкций можно ознакомиться по а. с. 538329, 670741 [3].

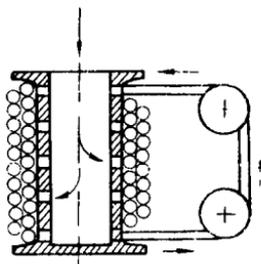
Важно отметить, что в витых маховиках происходит самостраховка от разрыва конструкции при пиковых нагрузках: лента наматывается в направлении вращения, а последний виток заранее выполняется с местным ослаблением. Тогда при превышении расчетной скорости маховик разрушается безопасно, без осколков, и всту-



Фиг. 5.26



Фиг. 5.27



Фиг. 5.28

пает в активное трение с кожухом — скорость вращения падает (а. с. 200359, 353086, 440514).

5.13. Продуть по трубе вместе с воздухом сыпучий груз — не так уж сложно. А вот отделить воздух от самого сыпучего груза на выходе из устройства — проблема. Обычно применяемые здесь тканевые фильтры быстро засоряются, так что ни встряхиванием, ни продувкой их не очистить. Иначе: поверхность должна быть чистой для фильтрации, и поверхность не может быть чистой, ибо засорена... Как разрешить противоречие? «Едиственный способ придать ограниченному свойство бесконечного — это заставить его вращаться по замкнутой кривой», — писал академик В. Р. Вильямс. Так и была решена задача — изобретатель О. И. Жолондковский предложил сделать фильтр постоянно перематывающимся, при этом сама фильтрующая нить проходит через щетки, снимающие осевший материал — фиг. 5.28 (а. с. 548513).

В другой области техники решили похожую задачу, и не удивительно, что полученное решение напоминает рассмотренное. Вот эта задача: необходимо очищать от масла, налипших опилок поверхность проволоки. Раньше это делали протиром, но он быстро засорялся и терял свои очистительные свойства. Если же взять волокнистый материал в виде шнура, обвить им по спирали проволоку и начать их перемещать во взаимно перпендикулярных направлениях, то протир все время будет оставаться чистым (а. с. 641505).

Как читатель мог убедиться, независимо друг от друга изобретатели прибегали к эффектам перемотки в самых различных отраслях техники. Но в большинстве случаев они недалеко ушли от первого исторического аналога — перемотки полотна в рулон. Остались незадействованными физические эффекты, приемы устранения технических противоречий, стандарты, которые могли бы сделать рассмотренные решения более сильными.

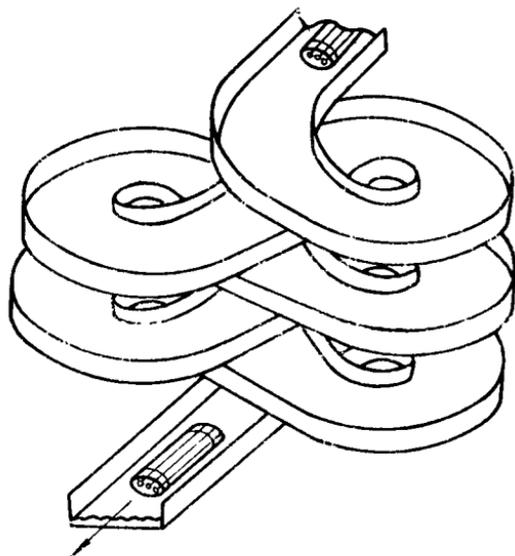
Приведем такой пример. При навивке ленты на вал витки накладываются друг на друга и суммируют свои толщины, увеличивая тем самым характерный линейный размер с точностью до толщины ленты. А нельзя ли получить более тонкую регулировку линейных размеров, вплоть до десятых долей толщины ленты путем «вычитания» толщины слоев друг из друга? Такая конструкция могла бы быть полезна в различных отраслях техники.

5.14. Забавно выглядят белки, когда гонятся друг за другом, по дереву — они бегут по винтовой линии. Почему? Наверное, потому, что кратчайший путь на цилиндре пролегает именно по ней. В этом легко убедиться самому: достаточно разрезать цилиндр по образующей и разложить на плоскости как карту. Тогда кратчайший путь между любыми двумя точками будет идти по прямой, а эта прямая при свертывании всей поверхности в цилиндр перейдет в винтовую линию. Эта линия обладает тем замечательным свойством, что, имея одинаковую протяженность с отрезком прямой, может «вписаться» в значительно меньший объем. Спираль, винтовая линия — это всегда экономия пространства. Диаметр свернутой раковины моллюска пахидикуса равен 40 см, но если раковину развернуть и выпрямить, то его длина достигнет 13 м [14].

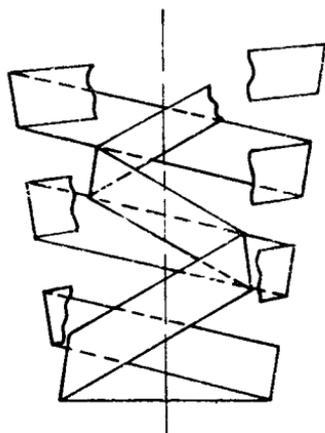
Другой пример. Классический лесосплавный лоток через плотину выполняется в виде горки, но в этом случае он занимает неоправданно много места. Следующая стадия — лоток сделан винтовым (а. с. 712349), а чтобы еще эффективнее использовать его габаритные размеры, по а. с. 981163 предложено каждый виток выполнять в плане в виде восьмерки — фиг. 5.29.

Еще один способ увеличить протяженность объекта при заданных габаритах — использование совмещенных объемов. Суть изобретения по а. с. 701675 «Насадка для тепло- и массообменных аппаратов» ясна из фиг. 5.30.

В большинстве формул изобретений, рассмотренных в данном параграфе, после стандартной формулировки «отличается тем, что, с целью...» стоят слова: «для увеличения компактности», «для сокращения габаритов». Образно выражаясь, авторы изобретения по а. с. 177946 увеличили компактность дважды: при изготовлении линии задержки они рекомендуют изготовить ее по форме винтовой линии, а потом еще раз навить по винтовой линии, но уже в другом направлении. Эта форма носит название би-спираль — фиг. 5.31. Электронагреватель по а. с. 253961 для увеличения отдаваемой мощности при неизменных габаритах выполнен также в виде би-спирали. А по заявке Франции № 2465312 тело накала лампы предложено изготавливать как три-спираль!



Фиг. 5.29



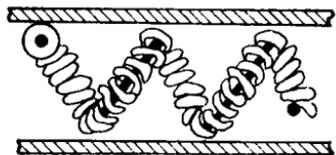
Фиг. 5.30

5.15. Задача: возможно ли изготовление пространственной, одним движением извлекаемой из ножен сабли?

Задача, понятно, условна — никому такая сабля не нужна. Тут дело в другом. Правильная винтовая линия — единственная пространственная кривая постоянной кривизны. Этим объясняется то, почему мечи, вкладываемые в ножны, можно изготавливать только в форме правильной винтовой линии или, что более привычно, в форме ее частных случаев, которыми являются дуга окружности и отрезок прямой. Иначе: винтовая поверхность может перемещаться сама по себе без изменения формы.

А вот практическое применение упомянутого свойства — а. с. 499393 «Способ возведения многоэтажных сооружений». Стро-

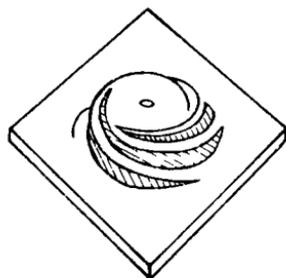
ительство такого сооружения может вестись без привычного и таких делах высотного крана. Этажи предложено делать по винтовой линии — если теперь непосредственно на фундаменте собирать элементы конструкций, то их можно затаскивать наверх обычной лебедкой по виткам уже отстроенных этажей (интересная параллель — по одной из легенд Вавилонская башня тоже строилась на основе винтовой линии; используя башню, люди задумали добраться до убежища бога на небесах).



Фиг. 5.31



Фиг. 5.32



Фиг. 5.33

Для изобретателя, инженера должен быть интересен тот факт, что, используя две и более спиралей, можно менять длину и площадь их взаимного перекрытия. Нетехнический пример: две разноцветные спирали, соединенные, как показано на фиг. 5.32, позволяют показывать простой фокус — при ввинчивании или развинчивании цвет жезла фокусника меняется. А вот технические примеры: по а. с. 255376 и 375474 предложено менять емкость и индуктивность, перемещая спиральные обкладки относительно друг друга.

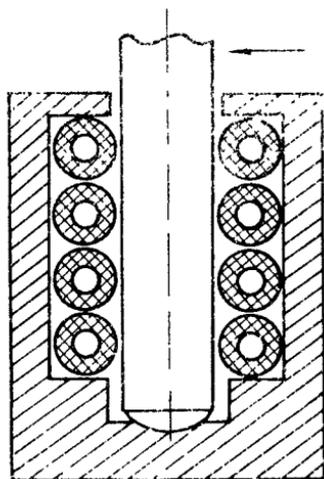
5.16. Быть гибким и одновременно прочным, допускать перемещения, соизмеримые со своими размерами, должны электрические контакты. Чтобы этого добиться, контактную площадку вырубали из листового металла. Чем тоньше перешейки, тем гибче контакт, больше его ход. В то же время, особенно при частых перемещениях «вверх-вниз», перешейки ломаются. Явное противоречие. Перешейки, держащие контактную площадку, должны быть как можно длиннее, чтобы на каждое сочетание приходилась как можно меньшая деформация, и контакты, особенно приборные, должны быть невелики... Разрешение сформулированного противоречия можно найти в описании патента СССР № 609490: перешейки выполняются из плоской спирали, как показано на фиг. 5.33.

Познакомимся с а. с. 297910 «Устройство для определения прочности полимерных покрытий и пленок» методом изгиба относительно оправки. Суть подобных испытаний заключается в определении минимального радиуса кривизны, при котором происходит растрескивание. Для этого требовались несколько цилиндров разных радиусов. Но не проще ли выполнить всего одну испытательную поверхность,

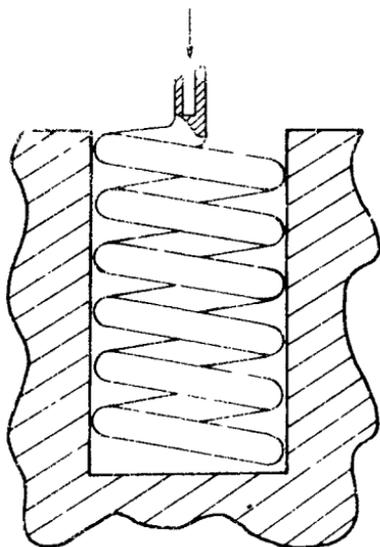
имеющую на всем протяжении переменный радиус кривизны, например в виде спирали Архимеда?

Следующие изобретения — пример использования переменного радиуса кривизны в динамике.

Если в полую криволинейную трубку подать давление, она распрямится, при сбросе — согнется. А если теперь представить, что полый шланг уложен внутри или снаружи какого-нибудь предмета, то мы получим готовый захват — а. с. 249583, 546958. Впрочем,



Фиг. 5.34



Фиг. 5.35

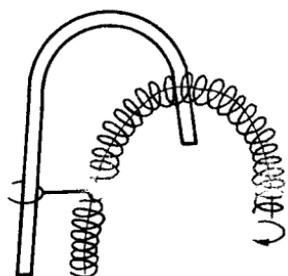
не только захват, но и механизм для стопорения вала (а. с. 359453) — фиг. 5.34, регулируемый амортизатор (а. с. 341950), устройство для разрушения монолитов (а. с. 1141194) — фиг. 5.35.

Пример пространственного маневрирования и варьирования радиусом кривизны — а. с. 372164 «Универсальный манипулятор-укладчик». При подаче давления в отдельные геометрические секции стрела перемещается и изгибается, перенося необходимые грузы. А в описаниях а. с. 351012 и 458677 с помощью пружинок удается перемещать тела по пространственным траекториям (фиг. 5.36).

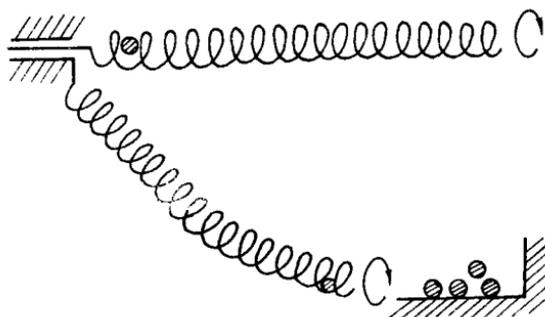
Ясно, что перемещение тел по произвольной траектории во многом определяется минимальным радиусом изгиба рабочего элемента. Чтобы увеличить гибкость и обеспечить продвижение шнека по каналам с небольшими радиусами изгиба, по а. с. 1021647 предложено выполнять это как би-спираль (см. фиг. 5.31).

Следующий пример на задействование не только способности инструмента перемещаться и перемещать изделия, но одновременно

и работать как амортизатор. Взгляните на фиг. 5.37 (а. с. 647205): для перекладки трубы или иные протяженные предметы предложено подавать между витками вращающихся и упругих спиралей. По мере продвижения трубы книзу спирали изгибаются и мягко, без стука и повреждений, опускают транспортируемые предметы в накопитель.



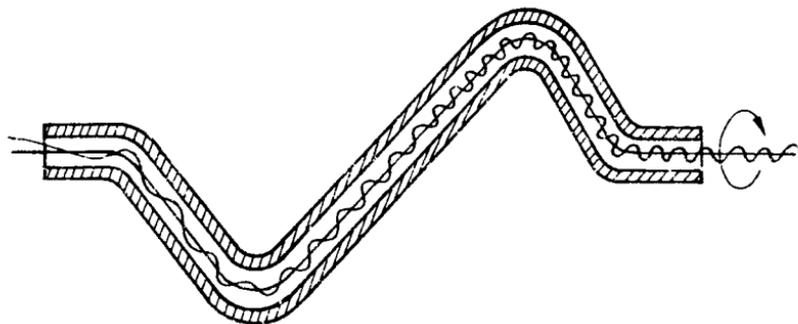
Фиг. 5.36



Фиг. 5.37

Совместить перемещение и выполнение технологической операции — свивки двух или более проводов — поможет спираль, защищенная а. с. 955310; принцип работы устройства понятен из фиг. 5.38.

5.17. Спираль может быть полезна и для изменения шага шнека, направления его закрутки. Чтобы это было возможно, вся рабочая поверхность шнека выполнена в виде единой пружины, навитой из



Фиг. 5.38

проволоки, один конец которой укреплен на поворотной относительно вала и подвижной вдоль него втулке, а другой жестко закреплен на валу, как это изображено на фиг. 5.39 (а. с. 296693, автор А. Я. Васильев). Чтобы получить из пружины винт правого или левого вращения, разворачивают на необходимый угол и фиксируют подвижную втулку, а для изменения шага между витками втулку перемещают вдоль вала.

Спирали многообразны. И нет ничего удивительного в том, что многообразны и способы увеличения или уменьшения площади с их помощью. Познакомимся с тремя принципами регулирования площади в спиральных конструкциях.

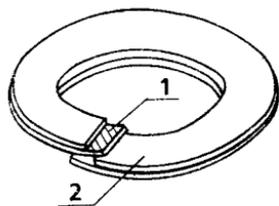
Первый из них связан с увеличением полезной площади фотоэкспонетра. До изобретения по а. с. 191349 фотоэлемент на-



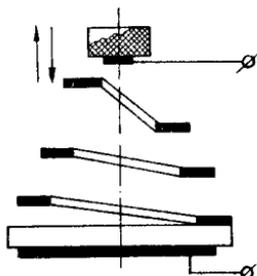
Фиг. 5.39

носился лишь на часть круга, остальное место занимала перекрывающая его непрозрачная шторка. Было бы идеально, если бы при прежних габаритах фотоэлемент занимал всю площадь круга, что резко увеличило бы чувствительность и точность прибора. Это вполне возможно, если фотоэлемент 1 нанесен на всю площадь разрезного кольца, а затемняющая шторка 2 выполнена в виде такого же кольца, способного навинчиваться на первое (фиг. 5.40).

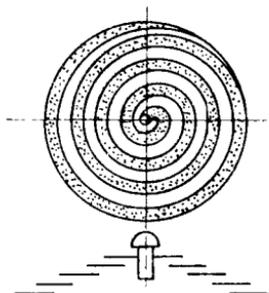
А вот другой, очень простой, но почему-то редко используемый принцип регулирования эффективной площади поверхности. Познакомимся с ним на примере а. с. 654950 «Бесконтактный емкостной переключатель», в котором одна из обкладок изготовлена



Фиг. 5.40



Фиг. 5.41



Фиг. 5.42

как коническая винтовая пружина с большим основанием внизу. При нажатии на кнопку переключателя верхние (они же внутренние) витки пружины начинают входить во внешние и тем самым увеличивают площадь обкладки и емкость конденсатора, что является сигналом для перекоммутации электрических цепей (фиг. 5.41).

Можно регулировать площадь взаимного перекрытия и вращением рабочего органа, как это, например, предлагается делать

в патенте СССР № 431686 «Запорный элемент клапана». Сам запорный элемент изготовлен как пара свинченных Архимедовых спиралей, вырезанных из листового материала с некоторым перекрытием витков, входящих друг в друга, с образованием, как пишут авторы из ГДР, «чешуеобразного покрытия» (фиг. 5.42). Как видно из рисунка, степень взаимного перекрытия можно регулировать поворотом одной лопасти относительно другой. Отметим и свойство конструкции быть механическим «полупроводником»: при подаче среды под давлением снизу чешуйки несколько отгибаются и свободно пропускают среду, а при обратном направлении сечение перекрывается...

И, как обычно, в заключение для заинтересованных читателей сообщаем: вопросы изготовления спиралей и винтовых линий описаны в книге [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Архимед. Сочинения. М.: Физматгиз, 1962.
2. Дружинский И. А. Сложные поверхности: математическое описание и технологическое обеспечение: Справочник. Л.: Машиностроение, 1985.
3. Гулиа Н. В. Инерционные аккумуляторы энергии. Воронеж, 1973.
4. Лебедев Ю. С. Дом-улитка и другие. Природные формы и образцы в архитектуре Москвы и Подмосковья. М.: Московский рабочий, 1983.
5. Макаров В. М., Зисельман Б. Г. Рулонированные сосуды высокого давления. М.: Машиностроение, 1985.
6. Савелов А. А. Плоские кривые: Систематика, свойства, применения. Справочное руководство. М.: Физматгиз, 1960.

ОДНОСТОРОННИЕ ПОВЕРХНОСТИ

6.1. «Униформа, по местам! Маэстро, туш!» — на арене фокусник. Его инструментарий прост до крайности — горизонтальная перекладина на двух стойках, в которую вбито несколько гвоздей, и на каждом из них висит по длинной яркой ленте. Все самое простое и настоящее — любой желающий волен убедиться в этом собственноручно. Маг закуривает сигарету и горящим концом дотрагивается до первой ленты. Пламя бежит вдоль нарисованной посередине ленты дорожки, вызывая восхищение малышей. Но вот огненное кольцо замкнулось, и тут уже крик удивления вырывается у взрослых: вместо ожидавшихся двух тонких лент появляется одна длинная. Прикосновение сигареты к другой ленте — снова взрыв детского восторга, и за ним озадаченное молчание взрослых: теперь перед ними две ленты, продетые одна в другую. Еще одна огненная дорожка, и лента делает еще один неожиданный вольт: теперь она завязывается узлом. Так красочно описывает популяризатор науки К. Левин фокус, основанный на свойствах односторонних поверхностей.

Познакомимся с этими свойствами подробнее.

Оказывается, в отличие от цилиндрической оболочки, при разрезании по диаметру односторонней поверхности, полученной из ленты, концы которой перекручены на 180° и соединены, она распадается не на два кольца, а на одно, но вдвое длиннее и уже прежнего.

А если точно так же разрезать вдоль ленту, перекрученную своими концами на 360° , то в результате получится цепь из двух колец, каждое из которых — односторонняя поверхность. В случае, когда концы ленты развернуты на 540° , при разрезании ленты вдоль результат оказывается совсем неожиданным: кольцо увеличивает свой диаметр вдвое, и на нем появляется узел, избавиться от которого можно, лишь разорвав или разрезав кольцо.

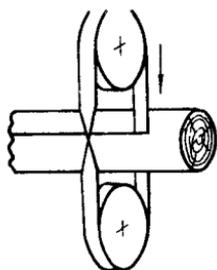
А что произойдет, если разрезать одностороннюю поверхность не вдоль средней линии, как мы это делали прежде, а по линии, отстоящей от края, скажем, на $1/3$ ширины ленты? На этот раз получатся два соединенных, как в цепи, кольца: одно большое, узкое, шириной $1/3$ исходного, и одно малое, шириной $2/3$ от исходного. Большое кольцо будет с двухсторонней поверхностью. Малое так и останется с односторонней поверхностью. В общем случае, если от ленты шириной b , концы которой перекручены на 180° и соединены, отрезается кольцо шириной $1/b$, то остается односторонняя лента шириной $(b - 1) : b$ [9].

Нашли ли подобные разрезания применение в технике? Пока нет. Но недавно опубликовано сообщение, подтверждающее гипотезу советского ученого В. И. Соколова о возможности получения ряда соединений путем химической «резки» исходной молекулы, перекрученной, как лента Мёбиуса [4].

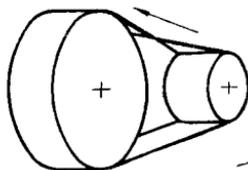
6.2. Рассматриваемая нами лента с односторонней поверхностью названа в честь профессора Лейпцигского университета Августа Фердинанда Мёбиуса (1790—1868 гг.), впервые печатно упомянувшего об этой ленте в 1858 г. Упомянувшего, но открывшего ли? Ведь в музее французского города Арля найдена древнеримская мозаика, в орнаменте которой изображена перекрученная лента с черной, нигде не прерывающейся продольной полосой. А в средние века парижские портные, принимая новичков, давали им невыполнимое задание: пришить к подолу юбки тесьму, концы которой были перекручены на 180° и соединены. Кстати, по одной из легенд, Мёбиус задумался о свойствах такой поверхности, увидев у служанки неправильно сшитую в кольцо ленту...

Согласно технической литературе и патентной документации не все и не всегда считали ленту Мёбиуса предметом для шуток или результатом ошибки. Уже с конца прошлого века патентные службы начали регистрировать изобретения, в основе которых была односторонняя поверхность.

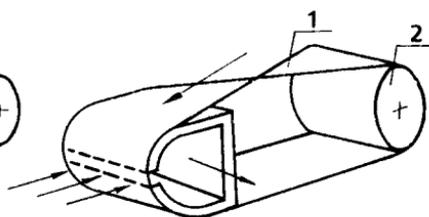
При подготовке Указателя ГЭ автором были просмотрены 74 советских авторских свидетельства на изобретение, в формуле которых упомянута эта лента. Оказалось, что не менее 60% решений связано с удвоением площади и (или) длины рабочей грани бесконечного ремня при неизменных габаритах... Одно из первых отечественных изобретений, где было предложено использовать ленту Мёбиуса, — а. с. 70549 «Ленточная пила». Режущие зубья на гибком полотне пилы выполняются с двух сторон (фиг. 6.1). Несколько позже а. с. 145029 и 148925 были защищены магнитные ленты и шлифовальная лента по а. с. 236278 с удвоенной против обычной рабочей поверхностью. Общий принцип этих и многих других аналогичных решений показан на фиг. 6.2. Отметим, что раз увели-



Фиг. 6.1



Фиг. 6.2



Фиг. 6.3

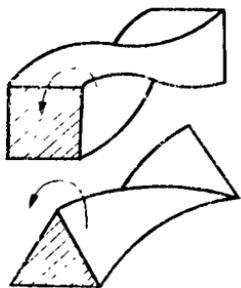
чивается вдвое рабочая поверхность, значит, надежность такого инструмента и срок его службы растут. А это может пригодиться, например, для изготовления автоматических телефонных ответчиков. Эта же идея положена в основу решения по а. с. 321266 «Фильтр непрерывного действия» (фиг. 6.3). Лента-фильтр выполнена в виде листа Мёбиуса. При набегании ленты 1 на барабан 2 положение верхней поверхности ленты меняется на противоположное, — т. е. при каждом обороте ленты фильтрование будет идти через «свежую» поверхность. Очевидно, что срок работы фильтра увеличивается вдвое по сравнению с известным бесконечным кольцом.

6.3. Однако изобретатели решили не ограничиваться лишь двукратным повышением ресурса, а увеличить рабочую поверхность еще в несколько раз при незначительном увеличении габаритов исходной конструкции. Так появилось изобретение по а. с. 520239: «Способ сборки шлифовальной головки, заключающийся в том, что шлифовальную ленту с двухсторонним абразивным покрытием складывают в кольцо, склеивают концы и надевают на шкив, отличающийся тем, что, с целью увеличения длины шлифующей поверхности при сохранении габаритов шлифовальной головки, ленту складывают в многовитковое кольцо и выворачивают одну сторону

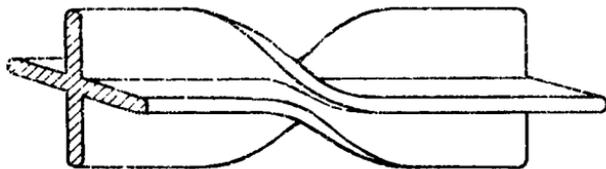
полученного кольца на угол 180° , после чего концы ленты склеивают без переворота».

Тульский изобретатель И. В. Киселев в решении сформулированной выше задачи пошел по иному пути. Его а. с. 324137 защищена уже не лента, а многогранник с равными гранями, покрытыми абразивным слоем, причем одна из ветвей многогранника развернута относительно другой в месте скрепления его концов в бесконечный ремень на одну или более граней (фиг. 6.4). Ясно, что при работе инструмента изделие будут последовательно обегать не одна или две, а все грани гибкого многогранника. Иначе: площадь абразивного ремня по сравнению с обычным увеличивается в N раз, где N — число граней.

В том же 1972 г., когда было опубликовано это авторское свидетельство, независимо от И. В. Киселева похожие конструкции были запатентованы в качестве петлевого носителя информации (например, для магнитофона) — а. с. 331420 и для подвижного циферблата — а. с. 336519. Естественно, применение ленты Мёбиуса-Киселева не ограничивается только указанными областями, она может применяться везде, где встречаются конструкции типа бесконечных ремней.



Фиг. 6.4



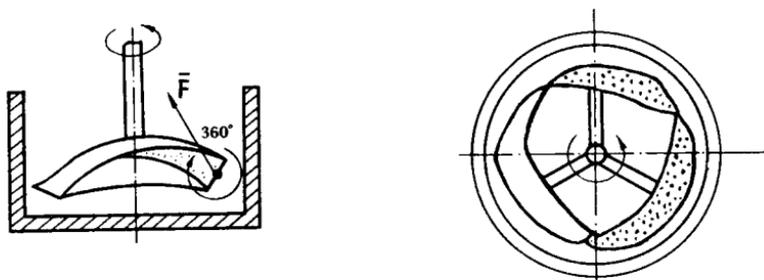
Фиг. 6.5

При анализе последних конструкций можно выявить новое противоречие: с одной стороны, использование многогранника увеличивает рабочую поверхность, а с другой, ширина каждой грани, особенно в случае шести-, восьми-, десятигранника и т. д., неуклонно уменьшается... То есть, как увеличить рабочую поверхность инструмента без уменьшения ширины рабочей грани? Ответом на этот вопрос является ряд а. с. (539774, 712844, 745665, 908673): ведь можно сделать, скажем, не четырехгранный, а четырехлепестковый поперечный профиль (фиг. 6.5). Соединенное со сдвигом на один угловой шаг в 90° бесконечное кольцо, перематываясь, будет «перелистываться» своими гранями-лепестками. Важно, что кольцо лепесткового профиля при тех же габаритах имеет в несколько раз большую поверхность, чем кольцо сплошного профиля. Например,

кольцо с сечением в форме шестиугольника имеет шесть граней — шесть рабочих поверхностей. Гибкий же шестилепестковый элемент, поперечное сечение которого вписано в сечение шестиугольника, имеет уже двенадцать таких рабочих поверхностей.

6.4. Сравнительно редкое применение ленты Мёбиуса — получение на одной стороне ленты двух участков с различными характеристиками поверхности. Например, для обеспечения работы одной и той же ленты в режимах черного и чистового шлифования на ее стороны наносят абразивы с различной зернистостью и, соединив в ленту Мёбиуса, надевают на шкивы. Теперь из-за перекрутки ленты в непосредственной близости от одного или другого шкива можно производить обработку с получением соответствующей чистоты поверхности (а. с. 523793) — см. фиг. 6.2.

6.5. Рассмотрим изобретения по а. с. 355940, 548434, 903130, 1001875. Все они посвящены интенсификации перемешивания. Но вместо привычных винтовых лопастей, которые в основном перемещают перемешиваемые продукты по кругу, здесь работают смесители в виде листа Мёбиуса (фиг. 6.6). Что это дает? Вектор

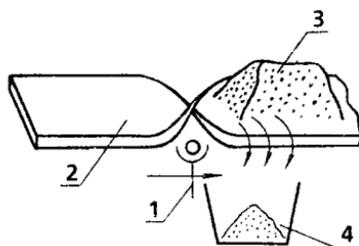


Фиг. 6.6

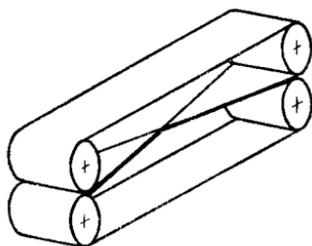
силового воздействия в каждой точке соприкосновения рабочего органа с перемешиваемыми продуктами меняет свое направление от 0 до 360° за каждый оборот вала. В этом случае частицы, контактирующие с рабочим органом, приобретают сложную траекторию движения (в отличие от обычных смесителей), определяемую уже не двумя-тремя степенями свободы, а шестью. Авторы этой подборки изобретений утверждают, что однообходной рабочий орган позволяет сократить время одного замеса на 10—15%.

Близко к этим решениям стоит и изобретение по а. с. 868103 «Ветроколесо», в котором традиционные лопасти заменены лентой Мёбиуса. Это позволило автоматически решить проблемы профилирования и изготовления, а также эксплуатации ветроколеса. Под действием ветра за счет упругости металлическая полоса самостоятельно выбирает наиболее эффективный в аэродинамическом отношении профиль.

6.6. Следующая функция ленты Мёбиуса — применение для переворота (кантовки) изделий. Так, по а. с. 886859 предложено «Устройство для выдачи кормов» (фиг. 6.7). При движении каретки 1 лента 2 последовательно перегибается по всей длине, и корм 3 сыпается в кормушки 4, установленные по бокам ленты. Несколькое решение защищено а. с. 318422 «Кантователь листового и полосового проката»: бесконечная лента восьмеркой огибает четыре барабана. Внутренние витки ленты перекручены на 180° . Если теперь в пространство между внутренними витками поместить листовый материал, то при движении ленты он перевернется на 180° (фиг. 6.8).



Фиг. 6.7



Фиг. 6.8



Фиг. 6.9

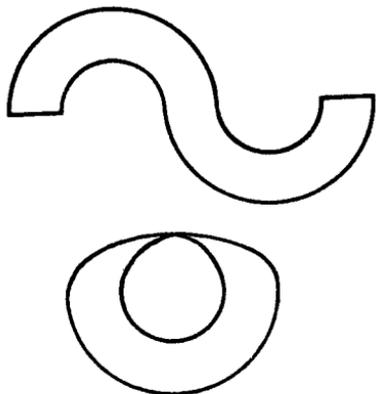
6.7. Может употребляться лента Мёбиуса и для выравнивания механических нагрузок. По а. с. 669030 гибкие несущие элементы типа строп, вант, растяжек предлагается изготавливать спиральной навивкой прочной ленты, каждый виток которой выполнен как однообходная поверхность. По мнению авторов этого изобретения, при растяжении вся конструкция будет находиться в равнапряженном состоянии, поскольку каждый виток в одной части пакета является внутренним слоем, а в другой — наружным. Аналогично для более равномерного распределения нагрузки по ветвям станины пресса: их предложено выполнять обмоткой в виде восьмерки, причем одна часть обмотки развернута относительно другой на 180° — фиг. 6.9 (а. с. 863421).

6.8. Сигнал, распространяющийся по ленте Мёбиуса, проходит каждое сечение дважды — по внутренней и наружной поверхности. Это позволяет чисто геометрическим путем реализовать делитель частоты по а. с. 356757: на поверхностях ленты выполняются возбудители акустических волн, которые, возникнув, отражаются от возбудителя и образуют стоячую волну с частотой в два раза меньше, чем у цилиндрических устройств тех же габаритов.

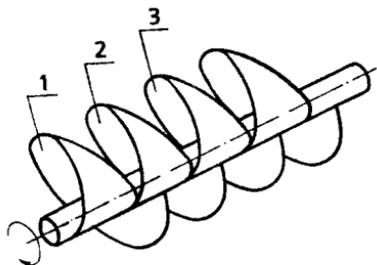
А поскольку длина внутренних и наружных слоев у ленты Мёбиуса практически одинакова, это позволяет производить их перемагничивание практически одновременно, что может исполь-

зоваться для выравнивания напряженности магнитного поля в сердечниках электрических устройств (а. с. 626443).

6.9. Лента Мёбиуса печатно известна уже более века, но при анализе литературы и изобретений, посвященных ей, поражает неразвитость как самой исходной формы, так и областей ее применения. Даже простейшие преобразования по синтезу новых форм, изложенные в первой главе, способны давать новые технические решения. Так, никто не пытался применить в технике, к примеру в тех же смесителях, конструкцию, изображенную на фиг. 6.10 [1]. Если же не производить традиционное скрепление концов ленты, а навивать перекручивающуюся ленту на вал, то, как считает изобретатель



Фиг. 6.10



Фиг. 6.11

бретатель С. Ш. Барбакадзе, будет получен шнек, обладающий вдвое большей производительностью, чем обычный, поскольку транспортируемый материал, попав, скажем, в ячейку 1 из-за однообходного характера винтовой поверхности шнека, минуя ячейку 2, сразу же попадает в ячейку 3— фиг. 6.11. (а. с. 861214). Думается, что двукратного увеличения производительности ждать от такой конструкции все-таки не приходится, ведь речь идет о простом увеличении шага. Но здесь нам интересен принципиальный момент: возможности совершенствования традиционной ленты Мёбиуса далеко не исчерпаны.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Барр. Россыпи головоломок. М.: Мир, 1964.
2. М. Гарднер. Математические чудеса и тайны. М.: Наука, 1981.
3. Петров П. Практичнейший курьез. Изобретатель и рационализатор, 1979, № 3.
4. Соколов В. И. Введение в теоретическую стереохимию. М.: Наука, 1982.

7. КАТЯЩИЙСЯ ПАМЯТНИК (ШАРОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ)

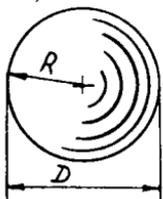
Есть памятник мученикам науки — собаке в Колтушах, под Ленинградом, лягушке в Токио... Но если бы нужно было поставить памятник в честь геометрического тела, сыгравшего наиболее важную роль в развитии наук, то им, безусловно, был бы шар.

Действительно, еще до нашей эры Герон Александрийский в поиске формы движителя паровой машины остановил свой выбор на шаре, а Галилей, вглядываясь в каплю росы, долгое время пытался найти объяснение ее шарообразности.

Сейчас мы знаем, что по сравнению с другими телами шар — наиболее емкая форма. Поэтому не случайно его форму принимают капли дождя и тумана в воздухе, пузырьки газа в жидкости, нараждающиеся планеты в космосе...

Многих исследователей шар привлекал своей симметричностью, возможностью перевода любой своей точки поверхности в любое положение, как наглядная модель для исследования... И рядом с воспоминаниями о шаре можно вспомнить имена знаменитых исследователей: И. Ньютона, Э. Мариотта, Л. Прандтля, которые в своих экспериментальных научных исследованиях широко использовали шары.

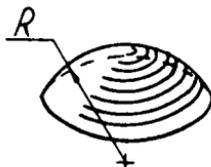
7.1. Вспомним основные математические определения, касающиеся шара, они пригодятся нам по ходу изложения.



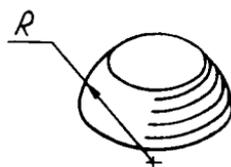
Фиг. 7.1



Фиг. 7.2



Фиг. 7.3



Фиг. 7.4

Шар — геометрическое место точек, одинаково удаленных от центра. Сфера — поверхность шара (фиг. 7.1). Соответственно шаровой сектор, шаровой сегмент и шаровой слой изображены на фиг. 7.2, 7.3, 7.4. А три круга диаметров образуют на поверхности сферы восемь сферических треугольников, называемых треугольниками Эйлера (фиг. 7.5).

Теперь, опираясь на принятые определения, напомним читателю основные свойства шара, известные из геометрии.

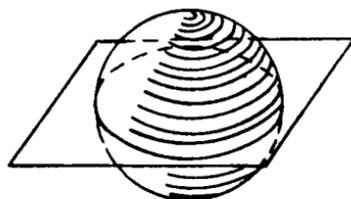
Всякое сечение шара плоскостью есть круг — это свойство вытекает из определения шара (фиг. 7.6). Шар имеет постоянную ширину и постоянный охват, а точки сферы имеют постоянное отно-

шение расстояний от двух неподвижных точек. Сфера имеет постоянную среднюю кривизну — это следует из того, что все ее нормальные сечения имеют одинаковый радиус кривизны, равный радиусу шара. При заданном объеме шар имеет наименьшую возможную поверхность. Сфера по отношению к другим фигурам ограничивает наибольший объем при одинаковых их поверхностях. Шар, лежащий на горизонтальной плоскости и освещенный сверху и сбоку, дает тень в виде эллипса, а точка, в которой он касается плоскости, является одним из фокусов этого эллипса.

Теперь настало время приступить к знакомству с техническими приложениями шара.



Фиг. 7.5



Фиг. 7.6

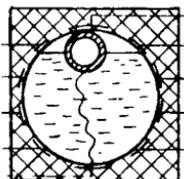
7.2. Привычным для нас стало использование шариков в шарикоподшипниках, в пишущем стержне шариковой ручки... Шар — наивыгоднейшая форма для активной зоны реактора, резервуара для хранения газов и жидкостей, для глубоководных и космических аппаратов. Видимо, не случайно шаровую форму имел первый в мире искусственный спутник Земли. В дальнейшем конструкторы космической техники широко использовали шаровую поверхность для построения топливных баков, спускаемых автоматических и пилотируемых аппаратов. В машиностроении широко известны шаровые клапаны, мельницы, шарниры, шариковые муфты и т. д.

Мы только напомнили читателю о широко известных конструкциях, которые не будем подробно рассматривать, а сосредоточимся главным образом на более редких, а значит и менее известных применениях шаров, сферических поверхностей и шаровых конструкций. Так называемое свойство идентичности поверхности, заключающееся в том, что кривизна поверхности шара при его перемещении постоянна во всех точках, имеет в технике следующие применения.

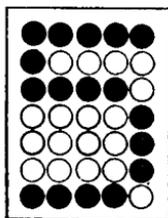
Коммутирующее устройство (а. с. 892506) выполнено в виде полой сферы, в поверхность которой армированы контактные площадки. Полость сферы заполнена диэлектрической жидкостью, на поверхности которой плавает токопроводный шар (фиг. 7.7). При любом пространственном положении коммутирующего устройства контакт-поплавок обеспечивает надежное замыкание контактной пары.

Идентичность шаровой поверхности позволяет использовать шары в качестве носителей информации. По а. с. 798958 информационное табло вычислительного устройства представлено в виде шариков (фиг. 7.8). Шарики, окрашенные до половины в разные цвета, вращаются в информационной матрице под действием электромагнитов, установленных под ней, и постоянных магнитов, расположенных в шарах.

Международный патент РСТ № 84/04200 выдан на электропереключатель, в котором шариком обеспечивается контакт (фиг. 7.9). На поверхности пластины (ею может быть печатная плата) расположены проводящие дорожки. Они подходят с разных сторон к от-



Фиг. 7.7



Фиг. 7.8



верстии, образуя контакты. Шарик при перемещении, попадая в отверстие, замыкает соответствующий контакт.

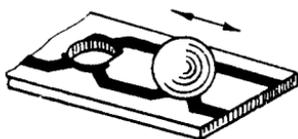
Соблюдая принцип «от простого к сложному», рассмотрим случай, когда одна сфера помещена внутри другой, как, например, это сделано в изобретении по а. с. 422048. Его суть заключается в том, что у конденсатора переменной емкости статорные и роторные пластины выполнены в виде полусфер. Такой конденсатор по сравнению с традиционным имеет повышенную емкость при наименьших габаритах. При этом у него увеличиваются удельная объемная емкость, коэффициент перекрытия и механическая прочность.

В США выдан патент № 4504812 на сферический трансформатор, выполненный на сферическом сердечнике, полюсная ось которого проходит через центр сферы. Обмотки трансформатора намотаны на сердечнике по спирали и закрыты сферическим экраном, состоящим из двух стыкующихся полусфер, при этом сферический экран охватывает концентрирующий магнитный поток. Сферический кожух электромагнита при своем малом объеме по патенту США № 4473809 обеспечивает притяжение магнитного материала к любой поверхности. Какая еще форма, кроме сферической, обладает этим свойством?

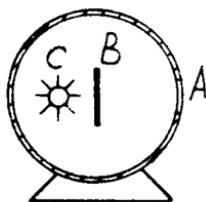
Радиоприемник сегодня — неотъемлемая часть нашего быта. В Японии выпустили радиоприемник необычной формы: это небольшой шар, похожий на обыкновенный теннисный мяч. Как утверждает фирма, такой приемник обладает высокими акустическими качест-

вами. А телевизоры? Пока нет шаровых телевизоров, но такая форма сулит массу преимуществ по сравнению с плоским экраном... Уже существуют проекты сферических экранов для демонстрации космических видений в «Космонарии».

Свойство идентичности шаровой поверхности широко используется там, где необходима свобода перемещения в любых направлениях. Например, в кузове-прицепе (а. с. 956340) свобода выгрузки материалов в любые стороны обеспечивается его сферической формой, которая способствует повышению его износостойкости. Шлифовальный круг, выполненный по а. с. 1110617 в виде полусферы, становится «вечным», так как износ его поверхности можно компенсировать поворотом рабочих поверхностей. Не вызывает сомнений в повышении долговечности работы шаровых камер для измельчения материалов, промывки ископаемых и т. п.



Фиг. 7.9



Фиг. 7.10

7.3. Полая зеркальная сфера обладает фокусирующими свойствами, играя роль линзы, фокус которой располагается на половине ее радиуса.

На этом принципе построен широко известный в технике фотометрический шар (фиг. 7.10). Он используется для определения так называемой сферической силы света источника *C*, расположенного в фокусе шара и перекрываемого непрозрачной пластиной *B*. Измерение ведут с помощью матового стекла *A*, которое улавливает отраженные от шаровой поверхности лучи.

Ученые ГДР фокусирующие свойства шара использовали в гелиографе — приборе, определяющем солнечную активность. Главная часть прибора — стеклянный шар, играющий роль линзы. В течение светового дня под каким бы углом ни падали лучи солнца, шар-линза фокусирует их на бумажную ленту, расположенную внутри шара в фокусе. Если солнце светит достаточно ярко, сфокусированные «зайчики» прожигают бумагу. По количеству и размерам обуглившихся точек на ленте легко оценить солнечную активность в данном районе.

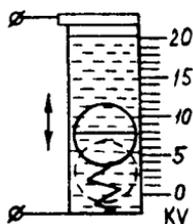
Если же наружную поверхность сферы покрыть зеркальным слоем, то направленный на него световой поток рассеивается во все направления. Этот эффект широко используется в иллюмина-

ционных устройствах, например, для имитации падающего снега или звездного небосвода. Зеркальный шар по а. с. 1161054 может отпугивать птиц в местах их большого скопления, ослепляя отраженными «зайчиками». Впрочем, кто знает, может быть, так можно рассеивать не только свет, но и колебания других частот...

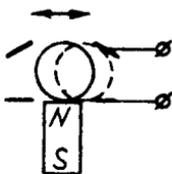
7.4. Полый шар, как и все полые тела, обладает высокой плавучестью. Это свойство в сочетании с идентичностью шаровой поверхности сулит массу преимуществ по сравнению с другими телами и формами.

Мы уже упоминали об использовании шара-поплавка в роли контактора (см. фиг. 7.7). Аналогичную роль играет шар в магнитном выключателе, на который выдан патент ФРГ № 2751507. Шар-поплавок, выполненный из ферромагнитного материала, плавает в резервуаре на поверхности жидкости. Как только уровень жидкости приближается к магниту, установленному в торцевой части резервуара, шар-поплавок приводит в действие выключатель гидропривода, тем самым производится регулирование уровня жидкости.

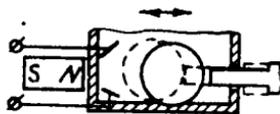
Подбирая материал оболочки и воздействующие на шар-поплавок поля, можно легко управлять его плавучестью. Этот принцип заложен в ряде устройств для измерения высокого напряжения (а. с. 883748, 883749, 918859, 924584, 924585). Главным элементом киловольтметра, так называется это устройство, является шар-поплавок, на наружной поверхности которого нанесена измерительная риска (фиг. 7.11). При подаче электрического поля на электро-



Фиг. 7.11



Фиг. 7.12



Фиг. 7.13

ды в виде мембраны в трубке с диэлектрической жидкостью создается гидростатическое давление, которое через эластичную оболочку плавающего шара передается газу, находящемуся внутри поплавка. Шар сжимается и, уменьшая силу Архимеда, погружается на глубину. Чем выше сила электрического напряжения, тем глубже погружается шар. По риску, совмещенной со шкалой, судят о величине напряжения.

Используя «принцип наоборот» и введя в полость поплавка эластичную емкость, можно достичь увеличения силы Архимеда при приложении к электродам высокого напряжения (а. с. 883749).

При этом шар-поплавок всплывает, регистрируя изменение напряжения.

Покрыв поверхность поплавка слоем электрета (а. с. 924584), можно повысить надежность, работоспособность системы измерения. Точность измерения можно повысить переходом к бисистеме — установить в киловольтметре несколько трубок с измерительными шарами (а. с. 918859). А осуществив переход к полисистеме, введя устройство компенсатор наружных изменений давления и температуры среды в виде шара, идентичного шару-измерителю (а. с. 924585), можно еще больше повысить точность измерений.

Если же шар-поплавок изготовить из материала, обладающего эффектом памяти формы, то плавучестью шара можно управлять, меняя температуру омывающей среды. Изобретатель В. Х. Подойницын использовал шарики из нитинола, частично заполненные водой, для выравнивания температуры жидкости в резервуаре. Шарик-поплавок, плавающий на поверхности жидкости, например воды, прогревается, резко уменьшает свой объем и тонет. После охлаждения на дне резервуара «фляга» восстанавливает свою первоначальную форму, поплавок увеличивается в объеме и всплывает, доставляя холодную воду в верхние, теплые слои. Процесс повторяется до тех пор, пока температуры нижних и верхних слоев не уравниваются.

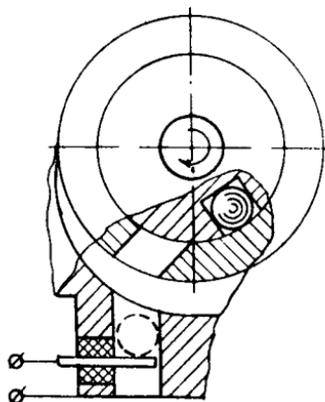
7.5. В технике при диагностике тех или иных процессов широко используются всевозможные датчики. Они, как и органы чувств человека, реагируют на определенные виды воздействий (скорость, давление, температуру, влажность, вибрацию и т. д.). Чем точнее и чувствительнее будет датчик, тем быстрее и надежнее человек сможет управлять сложными машинами и механизмами.

Известно, что шар, лежащий на плоскости, имеет очень малую поверхность контактирования. Если к покоящемуся шару приложить силу, большую силы покоя, то он мгновенно выходит из равновесия и перемещается по направлению прилагаемой силы. Это свойство, присущее только шару, широко используется для диагностики различных микровоздействий.

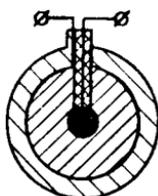
В датчиках по а. с. 659911, 727996, 748143, 823891, 838399 «органом чувств» вибрации, возникающей в конструкциях, служит шарик весом 1,5...2 г. Схема перечисленных устройств такова: шарик фиксируется магнитным полем в центре корпуса с контактной системой (фиг. 7.12). От действия сил перемещения (удар, обледенение, землетрясение, вибрация), больших силы притяжения магнита, шарик перемещается из состояния покоя и замыкает контакты, формируя сигнал тревоги. Аналогичную схему датчика можно увидеть в патенте США № 4168410 (фиг. 7.13). Шарик-индикатор выводится из равновесия перемещающимся штоком. Магнит, установленный в зоне контактной системы, способствует быстрому срабатыванию устройства.

Несколько иную схему можно увидеть в ряде датчиков износа подшипников скольжения, где главным органом также является шар (а. с. 474646, 638756, 699251, 783498),— фиг. 7.14. При износе подшипника вал увлекает во вращение кольцо, в пазу которого находится шар-датчик. При совмещении паза с отверстием контактной системы шар, замыкая контакты, формирует сигнал тревоги, по которому отключается привод вала.

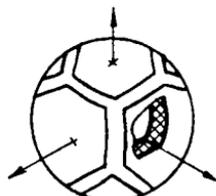
В приведенных примерах видно, что, применяя шар в измерительных системах, можно без всяких усложнений систем повысить чувствительность и быстроту измерений.



Фиг. 7.14



Фиг. 7.15



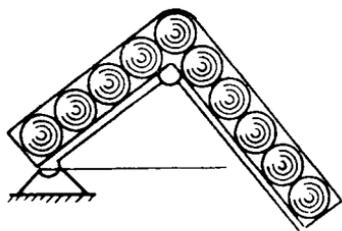
Фиг. 7.16

Чтобы повысить чувствительность шаровых датчиков, необходимо внутреннюю полость шара заполнить чувствительной массой, как это предложено по а. с. 356496: «Датчик давления и деформации, содержащий чувствительный тензозлемент, выполненный из полупроводника, отличающийся тем, что, с целью расширения диапазона применения, чувствительный элемент выполнен в виде шара с центральным и внешним сферическими контактами и наружной изоляционной сферической оболочкой» (фиг. 7.15). При приложении внешних сил деформируется рабочая сфера, которая сжимает вязкую чувствительную массу. Происходит изменение электрического сопротивления массы, которое и регистрируется измерительным прибором. В роли чувствительного элемента здесь используется латекс с примесью графита или вулканизированная окись алюминия.

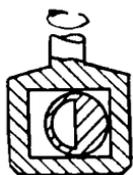
Чувствительность шаровых датчиков можно повысить также путем создания шаровых оболочек в виде слоеного пирога или путем деления сферической поверхности на независимые изолированные участки по типу футбольного мяча. Такое решение заложено в шаровой датчик по а. с. 1049833 (фиг. 7.16). Метал-

лическая полая сфера разделена на шесть частей, которые изолированы друг от друга диэлектриком. Такой датчик определяет направление воздействия импульсного электрического тока.

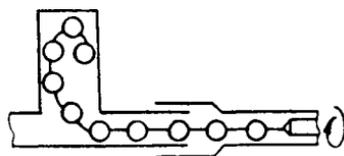
Следующим способом повышения чувствительности датчиков может служить введение в измерительную систему дискретной среды в виде группы шариков. Например, датчик глубины копания землеройной машины по а. с. 413378 представляет собой трубу, в которой помещены шарики (фиг. 7.17). Чем ниже опускается стрела машины при работе, тем больше шариков вылетает из трубы. Счетное устройство, производя несложные преобразования, регистрирует глубину выкопанной ямы (траншеи). Шарик, введенный по а. с. 901925 в спиральный магнитопровод, повышают чувствительность измерителя тока. Принцип «один — хорошо, а два — лучше» можно найти во многих изобретениях.



Фиг. 7.17



Фиг. 7.18



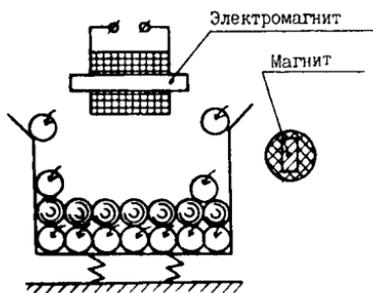
Фиг. 7.19

7.6. Слово «вибрация» происходит от латинского «вибрацио», т. е. «колебание». Много лет тому назад неизвестные изобретатели заметили, что вибрацию можно заставить выполнять полезную работу, например, удалять воздушные пузырьки из незастывшей бетонной массы. Сегодня вибротехника переживает этап бурного развития. Вибрации поручают все больше и больше полезной работы. И здесь благодаря своей чувствительности к перемещениям и способности нести высокую силовую нагрузку шар находит широкое применение.

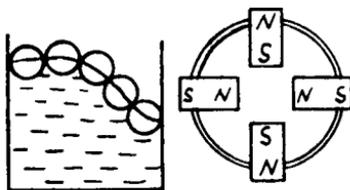
В горнодобывающей промышленности под воздействием вибрации облегчаются режимы работы многих агрегатов. Однако создаваемая искусственно вибрация должна быть управляемой, в противном случае, выйдя из-под контроля, она может причинить массу неприятностей. Существует множество способов, обеспечивающих заданный режим вибрации. Наиболее простые, как понял читатель, связаны с использованием шаров, которые служат вибровозбудителями колебаний. Величина заданной вибрации обеспечивается за счет: использования полых шаров с известными параметрами (а. с. 1049121); заполнения полости шаров жидкостью с заданно рассчитанным удельным весом (а. с. 854456); использова-

ния шаров с различными рассчитанными массами (а. с. 328949); смещения центра тяжести шара-вибратора относительно точки вращения (а. с. 471127) — фиг. 7.18; изменения массы дебаланса путем нанизывания шаров-вибраторов, как бусы, на трос и изменения длины троса (а. с. 1049121) — фиг. 7.19.

И все же вибрация vibrations разнь. Иногда она бывает полезной, но зачастую — вредной. Для борьбы с вредной вибрацией существуют различные типы демпферов, например, в виде резиновых прокладок, пружин, композиций из демпфирующих материалов и пр. Однако и здесь наиболее простым средством снижения вибрации, а порой и полным устранением ее, являются как одиночные шары, так и их группировки.



Фиг. 7.20



Фиг. 7.21

Известно, что фрукты от соударения портятся. Поэтому механизированная уборка плодов и упаковка в транспортную тару требует к себе особого внимания. Качественная укладка плодов в тару может быть реализована по а. с. 552245 — фиг. 7.20. По мере заполнения тары эластичные шары благодаря вибрации все время находятся над плодами, демпфируя удар падающего плода. Для извлечения шаров из заполненной тары в них вмонтированы ферромагнитные пластинки, которые, притягиваясь к магниту, расположенному над тарой, извлекают шары.

А механизация уборки фруктов с кустарников или деревьев? Здесь также остро стоит проблема предотвращения от соударений снимаемых плодов с поверхностью бункера сборочной машины.

Читатель, видимо, сразу нашел техническое решение этой проблемы: «Самое простое — это использовать шары!» На такое решение уже выдано авторское свидетельство № 524545: «Улавливатель плодов, содержащий сборник, имеющий наклонную гофрированную поверхность и установленные на ней амортизаторы, отличающийся тем, что, с целью уменьшения повреждения плодов, амортизаторы выполнены в виде шарообразных тел из эластич-

ного материала, закрепленных на гребнях гофрированной поверхности с помощью пружин, например, цилиндрических».

Амортизаторы-шары, как нежные пальчики, улавливают плод, предохраняя его от соударения и гася удары. Контактное взаимодействие шара-амортизатора с падающим плодом «бережно», этим и достигается положительный эффект.

Шаровым амортизатором демпфируют, например, гидравлический удар жидкости (а. с. 303461), механическую вибрацию (а. с. 314829), пространственные звуковые колебания (а. с. 383925), ультразвуковые колебания (а. с. 197248) и даже предотвращают распространение теплового потока (а. с. 588986).

Эффективность демпфирования повышается, если демпферы составлены из множества шариков, которые образуют дискретную среду. Такими шаровыми демпферами можно значительно снизить механические колебания (а. с. 214955, 564181), сейсмические колебания (а. с. 1159984), акустические колебания (а. с. 326321) и акустический шум (а. с. 1139838), уменьшить силу вертикального давления (а. с. 1193240) и силу набегающей волны (а. с. 1159976), ликвидировать теплоприток (а. с. 1208399) и кинетическую энергию потока (а. с. 1037012) и т. д.

Для повышения демпфирующих свойств в шарах-демпферах выполняют полость, которую заполняют либо газом, либо жидкостью. Демпфирующие свойства еще более усиливаются, если оболочку полого шара-демпфера сделать перфорированной, то есть с множеством отверстий, например, предлагаемых по а. с. 918597 различных по диаметру. Здесь процесс демпфирования заключается в засасывании воздуха через отверстия в шарах. Высокочастотные колебания воздуха подавляются шарами большего диаметра, а низкочастотные — шарами меньшего диаметра. Таким образом, происходит демпфирование всего спектра колебаний.

Для управления процессом демпфирования используют шары-демпферы с добавками в виде ферромагнитных порошков или магнитов, например, в успокоителе колебаний жидкости по а. с. 945519. В полых шарах, плавающих на поверхности жидкости, установлены постоянные магниты с чередующимися полюсами (фиг. 7.21). Притягиваясь друг к другу, такие шары-поплавки образуют на поверхности жидкости как бы единый успокоитель колебаний в виде псевдокрышки. Широкое использование такой демпфер может найти при транспортировании жидкости подвижными средствами, когда любое резкое торможение подвижного средства сулит массу неприятностей ввиду инерционности перевозимой жидкости. В такой псевдокрышке энергия колебаний транспортируемой жидкости тратится на разрыв магнитных связей и на перемещение шаров-поплавок, тем самым происходит диссипация (рассеяние) энергии.

В жидкостном успокоителе по а. с. 720303 демпфирующим элементом является россыпь ферромагнитных шариков, которая, взаимодействуя с постоянным магнитом, гасит колебания, возникающие при вращении подвижной части. И здесь энергия колебаний тратится на разрыв магнитных связей и псевдокрышки.

7.7. «Эволюция» шаровых конструкций, видимо, начинается от периода создания древнеегипетских пирамид. Так, австрийский археолог Гансюркер, производя раскопки у подножия пирамиды Джосера, нашел каменные шары диаметром 12...40 см. Большую часть из них составляли шары диаметром 19 см, возможно, это был древнеегипетский стандарт. Анализ показал, что шары были изготовлены из очень твердой породы, называемой долеритом. Где же могли египтяне использовать такие шары? Эксперименты, проведенные в 1936 г. с найденными шарами, показали, что шары способны нести высокую силовую нагрузку, сохраняя способность передвижения. Один человек, имея такое приспособление, может без особого труда передвигать блок весом в несколько тонн. При дальнейших раскопках дорог, ведущих к пирамидам и святилищам, были обнаружены следы, оставленные каменными шарами при их передвижении. Следует заметить, что вес каменных монолитов у египтян достигал 20 тонн, а балок перекрытий — 420 тонн. Не случайно французский историк Ф. Море заявил, что перед такими средствами строительного искусства древних он преклоняется так же, как и перед его результатами — величественными пирамидами...

Способность шара нести силовую нагрузку можно подтвердить, например, выступлением в цирке дрессировщика со слоном. На арену выкатывают металлический шар, размеры которого во многом уступают слону. Слон, как вы знаете, имеющий солидный вес, взбирается на шар и, перебирая ногами, легко передвигается на нем по арене.

Более ярким примером служит шарикоподшипник. Без него сегодня не обходится ни одно подвижное средство. Первый патент на шарикоподшипник датирован 1794 г. Выдан в Англии на «оси телег с очень легким вращением». Предметом изобретения были «шарики в кольце»...

Используя присущие только шару свойства в сочетании со способностью нести высокую силовую нагрузку, изобретатели находят простые и оригинальные применения шариков во многих отраслях техники.

Рассмотрим процесс получения отверстий в тонколистовом материале.

На первой стадии, как правило, делается разметка мест предлагаемых отверстий. Традиционно для этих целей используется кернер. Однако рабочая поверхность такого инструмента должна

быть всегда под определенным углом. Контроль и заточка рабочей поверхности кернера снижают производительность операции. Как уже догадался читатель, недостатки ликвидируются использованием шарика в качестве разметочного элемента. На такое решение выдано а. с. 1162589, свидетельство получено совсем недавно — в 1983 г. А сколько сулит оно преимуществ! Отпадает необходимость заточки и контроля рабочей поверхности. Ведь поверхность шара идентична во всех точках, поэтому, меняя рабочую поверхность, можно значительно «продлить жизнь» инструменту. Нам уже известно, что шар контактирует с поверхностью в точке с наименьшей площадью и может нести достаточную силовую нагрузку. Тем самым он удовлетворяет всем требованиям к разметочным элементам. А в сочетании с долговечностью работы он становится идеальным разметчиком.

Следующая стадия процесса получения отверстий — это либо сверление, либо пробивка отверстий под прессом. Второй способ более технологичен. И здесь также шарик соперничает с традиционными просечками и цилиндрическими пуансонами.

По а. с. 585092 в качестве пуансона для пробивки отверстий используется ферромагнитный шарик. Пробив отверстие заготовки, шарик вместе с вырубкой оказывается на дне матрицы. Электромагнит, установленный у торца заготовки, извлекает из матрицы вначале вырубку, а затем — шарик-пуансон. В дальнейшем в рабочее положение шар возвращается магнитом, установленным на ползуне пресса. Оставим читателю самому разобраться в преимуществах этого оригинального пресса.

Одной из последних стадий получения отверстий является доводка, или калибровка отверстий до заданного размера. На этой стадии необходимо обеспечить высокую точность и хорошую чистоту обрабатываемых поверхностей. Можно ли использовать для этой цели шарик?

Эксперимент показывает, что, осуществляя шариком калибровку отверстий методом продавливания, можно получить точность отверстия до 1...2 класса, при чистоте обрабатываемой поверхности до 7...9 класса.

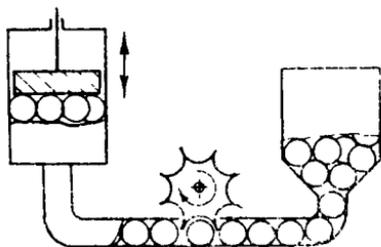
Мы разобрали три основные операции процесса получения отверстий в тонколистовом материале. Во всех из них используется шарик как наиболее простая и надежная геометрическая фигура. Но сколько преимуществ сулит такое применение!

А если совместить все три операции с использованием шарика в роли главного инструмента: разметка, пробивка, калибровка? Получится полный технологический цикл получения отверстий. Таких механизмов пока нет в технике. Слово за тобой, читатель! Дерзай, твори, пробуй!

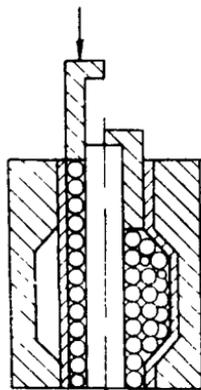
Там, где в механизмах необходимо преобразовать один вид

движения в другой, шарики могут дать простые и эффективные решения.

Допустим, при проектировании грузоподъемного устройства вам необходимо получить достаточное усилие для возвратно-поступательного движения поршня. В грузоподъемных устройствах по а. с. 509524, 664914 это достигается «потоком» металлических шаров, которые создают избыточное давление в цилиндре (фиг. 7.22). В цилиндр шарики подаются из бункера по «шарикоподающей» трубе с помощью привода, выполненного в виде двух звездочкообразных колес. Превращение звездочек в зубцы, входящие в прорези «шарикоподающей» трубки, подталкивает шарики в цилиндр с поршнем. Создается давление, необходимое для перемещения груза. Система проста и надежна.



Фиг. 7.22



Фиг. 7.23

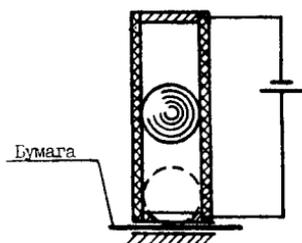
С помощью шариковых передач можно также осуществлять передачу крутящего момента (а. с. 457823, 831407, 942903, 1060336), сил давления (а. с. 597577, 1070413, 1214468), ударных импульсов (а. с. 582387), преобразовывать вращательное движение в возвратно-поступательное (а. с. 947540, 1011941, 1116251) и др.

Способность шариков передавать значительные усилия используется изобретателями в процессах формообразования изделий. Их простота не вызывает сомнения. Судите сами. Чтобы выпрямить изогнутую проволоку, достаточно радиально установить стальные шарики, как это предлагают авторы а. с. 197492, и, воздействуя на них, протянуть проволоку через образовавшийся между шарами зазор. Еще один пример. Для формообразования заготовок из трубы по жесткой матрице группа авторов а. с. 1196080 предлагает использовать стальные шарики. Суть изобретения хорошо видна на фиг. 7.23. Простота обоих решений не вызывает сомнения.

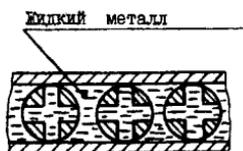
Шаровая поверхность способна не только воспринимать механические нагрузки, но и «транспортировать» различные виды энергии.

Интересное явление можно наблюдать, когда токопроводный шарик находится между полюсами источника тока. Если напряженность электрического поля постоянна, то шарик покоится на середине расстояния между электродами. Изменения электрического поля вынуждают шарик совершать колебательное движение. Где же можно использовать в технике это явление?

Если шарик покрыть медно-никелевым сплавом, как это сделали авторы а. с. 353143, и поместить в полый цилиндр из непolarного диэлектрического материала, а затем закрыть торцы цилиндра шайбами-электродами, то получится самопишущее устройство — фиг. 7.24. В нижней шайбе-электроде делается отверстие чуть меньше диаметра шарика. Теперь, если на электроды подать электрический ток, шарик начинает колебаться в цилиндре. Меняя силу тока, можно регулировать процесс колебания. Достаточно протянуть бумажный лист под электродом с отверстием, как колеблющийся шарик на бумаге оставит четкий след.



Фиг. 7.24



Фиг. 7.25

Авторы другого а. с. 1155966, используя аналогичный принцип, предлагают измерять статическое электричество. Здесь шарик соединен со стрелкой-индикатором. По отклонению стрелки определяется приложенное электрическое поле.

И еще один пример «транспортирования» энергии. В гибких соединителях подвижных электроконтактов электрических установок энергия передается по эластичной трубе, заполненной жидким металлом. При перегибах такого кабеля довольно часто происходит разрыв электроцепи. Простое введение токопроводных шаров в трубу, как сделали авторы а. с. 752571, устраняет этот недостаток кабеля. А если сделать в шарах отверстие, то надежность такого соединителя повысится (фиг. 7.25). Шаровые тоководы можно увидеть в а. с. 337870, 555474, 1056492.

Многие авторы фантастических романов и книг о будущем, создавая свои межпланетные летательные аппараты и механизмы,

«используют» металлы с невиданной сверхпрочностью. Современным летательным аппаратам, например самолету, важна не столько прочность, сколько тепловая устойчивость. Обшивка крыла самолета несет всю нагрузку. Для жаропрочности авиационные инженеры предлагали внутреннюю полость крыла заполнять ребрами жесткости, сотами, металлической пеной... — казалось, перепробовали все. Все, кроме самого простого. Читатель уже догадался, что речь идет о шариках. Расчеты и эксперименты показали, что тонкостенные шарики, покрытые тугоплавким припоем, — идеальный конструктивный элемент для создания легкости, жесткости, жаропрочности крыла.

По а. с. 134988 шарики засыпают во внутреннюю полость обшивки. При нагреве припой, расплавляясь, сращивает шарики друг с другом и обшивкой, создавая сплошной монолит. Теплопроводность такого крыла очень мала, а прочность очень высока. Такая стенка из шариков преграждает путь жаре и холоду, повышает теплоизоляцию.

Если полость шара заполнить теплопроводным газом, то из теплоизолятора он становится теплопроводником, как это сделали авторы а. с. 1041856 в теплообменном аппарате.

Новый перспективный вариант теплоизоляции — микросферная изоляция — используется в криогенной технике, где проблема отвода тепла стоит очень остро. Для теплоизоляции используются полые стеклянные шарики диаметром от 15 до 150 мкм с толщиной стенки от 0,5 до 2 мкм, покрытые отражающей алюминиевой пленкой толщиной 0,5...1,5 мкм. Внутреннюю полость шариков заполняют под пониженным давлением газом, например, SO_2 .

В криостате по а. с. 1208399 теплоизоляция осуществляется шариками из вспененного полистирола. Возможны и другие варианты материалов. Оставим читателю дальнейшее развитие «транспортирования» энергии с помощью шаровых конструкций, тем более, что закон развития выявлен нами в вышеприведенных примерах.

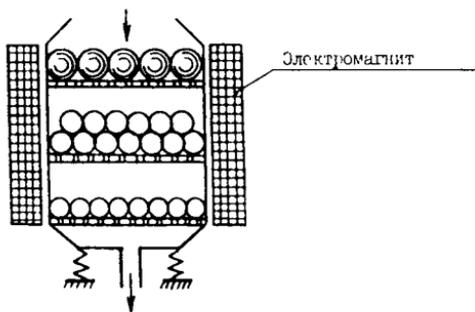
7.8. Многие из вас наблюдали, что прежде чем замесить тесто, домашняя хозяйка очищает муку от примесей, просеивая ее через сито. Если в муке много примесей, то ячейки сита быстро забиваются. Приходится останавливать просев и заниматься очисткой ячеек.

Примерно то же самое происходит при переработке полезных ископаемых в процессе сепарации — отделения ценных минералов. Главными инструментами, например, магнитного сепаратора, служащего для отделения из ископаемого сырья магнитных веществ, являются магнитная система и набор сит. Для более качественного отделения магнитных веществ, т. е. для выбора практически всего магнитного вещества, размер ячеек сит должен быть как

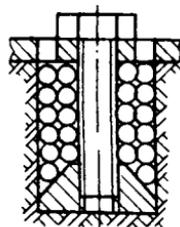
можно меньше, однако материал, проходящий через маленькие ячейки, быстро забивает сито. Увеличение размеров ячеек приводит к снижению качества сепарации, т. е. в отвалы вывозится порода, содержащая магнитные вещества. Налицо явное противоречие: для качественной сепарации сито должно иметь мелкую ячейку и не должно быть мелких ячеек, чтобы сито не забивалось породой.

Традиционный путь разрешения противоречия сводится к использованию сит с различными размерами ячеек, которые устанавливались последовательно, по ходу прохождения породы, от большего размера ячеек к меньшему. Однако забивка рабочей зоны магнитными частицами продолжала сдерживать повышение производительности труда. Более тридцати лет понадобилось изобретателям, чтобы найти путь к разрешению противоречий, которые привели к шаровым ситам.

В сепараторах по а. с. 544466, 580905, 889098 и другим авторы, используя прием «дробления-объединения», предлагают ячейки сит формировать из шаров, уложенных в несколько



Фиг. 7.26



Фиг. 7.27

рядов на решетках (фиг. 7.26). Решетки выполняются из немагнитного материала, чтобы не препятствовать прохождению магнитных включений, а шары — из магнитного материала, чтобы задерживать магнитные частицы. С помощью магнитной системы шары силами магнитного поля превращаются в монолитное объемное пористое тело. Материал, проходя сверху вниз через такое «сито», отмагничивается на поверхности шаров. При отключении магнитной системы за счет действия вибрационной установки шары, соударяясь друг о друга, размагничиваются, и магнитные частицы отделяются от них, проходя сквозь решетку в приемный бункер. Процесс очистки можно усилить, используя сильный напор воды или... После очищения система шаров с появлением магнитного поля опять превращается в «пористое тело», и процесс отделения магнитных включений повторяется.

Шаровые сита могут быть использованы для фильтрации жидкости (а. с. 506685, 1125413), для очищения газовых смесей от примесей (а. с. 1122331, 1232824), во всевозможных фильтрах. Как видите, такие фильтры просты и производительны, при этом обеспечивается самовосстановление фильтрующего органа.

7.9. Выше мы перечислили множество интересных примеров с использованием шаровых конструкций. Однако чаще всего шаровая форма используется для обеспечения надежной фиксации или надежного крепления сопрягаемых деталей. Здесь можно увидеть использование как отдельных шаров, так и их групп. Как правило, чаще всего встречаются сочетания шара (шариков) с конструктивным элементом — канавкой. Кривизна и форма канавки приближается к шаровой форме и может иметь сферическую форму. Выбор в качестве элемента крепления такой фигуры не случаен.

Шар — это единственное геометрическое тело, точки поверхности которого способны равно воспринимать действия внешних сил любого направления ввиду малой площади контактирования, неся при этом высокую силовую нагрузку. Поясним этот вывод некоторыми примерами из патентного фонда.

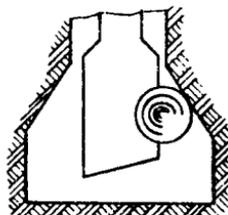
Для крепления подземных горных выработок в штреках используют анкерные крепи, которые представляют собой грузонесущие стержни, каким-то образом зафиксированные в шпуре (отверстие в горной породе). Традиционно анкерные крепи фиксируются с помощью породы, залитой с торца быстротвердеющим материалом. Как правило, такие крепи становятся разового пользования, так как извлечь «замурованный» в отверстие стержень очень трудно. Представьте, сколько потребуется «замуровать» стержней по мере продвижения в горной выработке?

Замок из шаров по а. с. 826000 не только исключает эти недостатки, но и способствует быстрому извлечению и установлению крепи. Шары как бы заменяют породу и быстро твердеющий материал, соприкасаясь с усеченным конусом стержня (фиг. 7.27). Монтаж и демонтаж анкерной крепи намного сократится, если воспользоваться решением по а. с. 912951, в котором в качестве замка предлагается использовать сочетание шара с боковым сферическим пазом стержня (фиг. 7.28). При этом кривизна паза должна точно повторять кривизну сферы.

Быстросъемность особенно необходима в машиностроении, например, при смене режущего инструмента в патроне обрабатывающего станка. И здесь на помощь могут прийти шариковые зажимы, они просты и надежны. По а. с. 921696 инструмент фиксируется в требуемое положение за счет заклинивания шариков между винтовой канавкой и обоймой (фиг. 7.29).

Шаровые фиксаторы успешно работают не только в сочетании

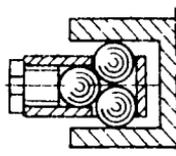
с канавкой, конусами и т. п., но и со своими собратьями. Например, простая фиксация подвижных звеньев машин и механизмов по а. с. 288325, 732594, 941711 осуществляется путем расклинивания центральным шаром группы шаров, которые соприкасаются с поверхностью закрепляемой детали (фиг. 7.30). Подобная схема расположения шаров по а. с. 548381 используется в качестве вращающегося центра детали, подвергаемых токарной обработке (фиг. 7.31). По утверждению авторов, малая величина вылета и отсутствие проскальзывания у опорных шаров между собой и корпусом, в котором они расположены, повышает в целом жесткость конструкции.



Фиг. 7.28

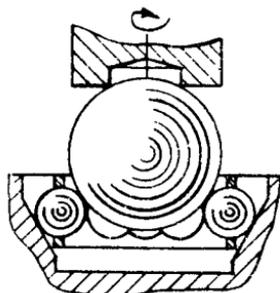


Фиг. 7.29

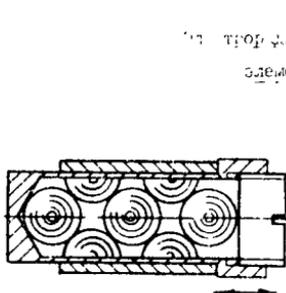


Фиг. 7.30

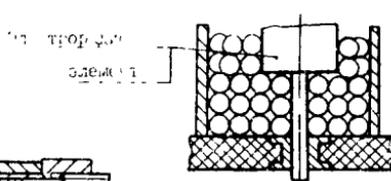
Еще один пример из машиностроения. Для обработки тонкостенных цилиндрических деталей на обрабатывающих станках используются крепежные втулки, диаметр которых соответствует внутреннему диаметру обрабатываемой детали. Теперь представьте, какое количество крепежных втулок необходимо, если детали имеют различный внутренний диаметр. При таком подходе для каждой детали нужна своя втулка. А если различия по диаметру значительны? Это выливается в...



Фиг. 7.31



Фиг. 7.32



Фиг. 7.33

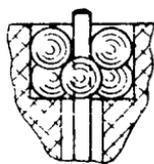
Изобретатель В. М. Пестунов успешно решил эту проблему, используя для фиксации подобных деталей все те же шарики. Разжимные оправки по а. с. 704730, 884882, 908548 представляют собой обойму с чередующейся группой радиально расположенных

шариков либо шариков с лыской, повторяющей профиль цилиндра, расклинивающихся центрально-установленными шарами (фиг. 7.32). Диаметр такой оправки можно изменять путем сжатия (разжатия) центральных шаров. Эффективность такой оправки очевидна.

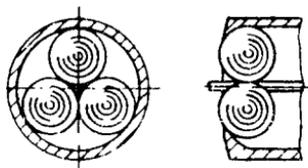
Анализируя патентный фонд по шаровой фиксации, изобретатель И. П. Горчаков, воспользовавшись аналогом а. с. 826000, с успехом решил проблему фиксации выводов электрорадиоэлементов (резисторов, конденсаторов, транзисторов и др.) на печатной плате перед ее пайкой. По а. с. 884180, выданному автору, выводы фиксируются перед пайкой шариками. Диаметр шариков выбирается таким, чтобы обеспечить качественную пайку и не препятствовать установке элементов на плате (фиг. 7.33). После пайки шарики легко удаляются с платы и используются вторично.

А возможно ли крепление шариками элементов меньшего диаметра, скажем в несколько микрон? И такое возможно.

Для передачи информации в волоконно-оптических кабелях используются тонкие стеклянные волокна. Диаметр сердцевины такого волокна составляет 5...10 мкм. Осуществить торцевое соединение таких волокон — труднейшая задача. Для этих целей используются юстировочные устройства, в которых основными элементами являются цанговые зажимы, биконические нарезные муфты и т. п. Для снижения потерь световой энергии в соединении необходимо выдержать осевое рассогласование волокон 0,75...1 мкм. Волокно — это тот же стержень, только меньшего размера, который перед юстировкой необходимо каким-то образом зафиксировать в капилляре.



Фиг. 7.34



Фиг. 7.35

Фирма «British Telecom» предлагает волокно фиксировать с помощью канала, образованного шестью соприкасающимися шариками (фиг. 7.34). В другом соединителе (фиг. 7.35) волокно фиксируется в зазоре, образовавшемся от соприкосновения трех шаров, закрепленных на конце втулки в одной плоскости. При сопряжении двух таких втулок каждый шарик одной из них входит в углубление между двумя шарами другой. Точность совмещения волокон — отличная. При этом достигается минимальный воздушный зазор между сопрягаемыми волокнами, что исключает потери энергии передачи.

Из сказанного выше можно сделать вывод. Если вам необходимо обеспечить быструю и надежную фиксацию, воспользуйтесь шаровыми конструкциями. Простота и эффективность принятого вами решения будет обеспечена!

При этом не следует забывать, что для более эффективного использования шаровых конструкций, кроме механических полей воздействия, а приведенные примеры отражают именно данную область воздействия, можно с успехом воспользоваться и другими полевыми ресурсами: электрическим, магнитным, электромагнитным, ультразвуком и тепловым полями. Более широкие возможности использования шаровых фиксаторов открываются в случае изготовления шаров из современных перспективных материалов, таких, например, как нитинол, который обладает эффектом памяти формы. О достоинствах подобных шаров мы уже упоминали. Границы фантазии здесь неиссякаемы. Не следует сбрасывать со счетов и сочетания шаровых форм с другими геометрическими формами.

7.10. В этом разделе нам хотелось привести некоторые примеры подобных сочетаний. Как увидит читатель, свойства шара, проявляющиеся в сочетании с физэффектами и геомструктурами, дают простые и оригинальные технические решения.

Передвижным механизмам для повышения устойчивости необходимо иметь центр тяжести как можно ниже, особенно при работе на больших уклонах и по бездорожью. С другой стороны, низкий клиренс ухудшает проходимость по ухабистой дороге, может происходить задевание за выступы почвы.

Японец Цучия Шазо запатентовал в США остроумную идею, позволяющую разрушить это противоречие. Он предложил насыпать в камеры ходовых колес стальные шарики. При движении шарики перекатываются по внутренней поверхности колесной камеры, оставаясь все время внизу, и снижают тем самым общий центр тяжести (патент США № 3716093).

Измерение температуры у грудного ребенка сулит массу трудностей. Недавно для упрощения процесса измерения изобретена соска-термометр. Прозрачная соска заполнена глицерином, внутри нее плавает шарик из холестерина (жидкокристаллическое вещество, чувствительное к изменению температуры). Если температура ребенка превысит 37°C, шарик из зеленого становится черным.

В ФРГ выдан патент 2308701 на способ изготовления радиолокационного отражателя. Рефлектор его состоит из трех перпендикулярных одна другой, имеющих форму круга, плоских отражающих металлических поверхностей. Промежуточное пространство между ними заполнено жестким пенопластом. Способ отличается тем, что шар из жесткого пенопласта делится на восемь треугольников Эйлера (см. фиг. 7.5). Плоские грани этих треуголь-

ников покрываются отражающим металлическим покрытием, и из них вновь составляется шар. По утверждению авторов, такой отражатель обладает широким диапазоном излучения.

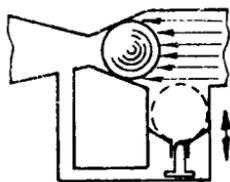
В процессе исследований на моделях должно быть соблюдено главное условие — многоплановое подобие модели оригиналу. Реализация такого условия — это гарантия получения реальных и точных сведений. Каким образом смоделировать поверхность земного покрова и морскую поверхность? Шарики различного диаметра по а. с. 1046647, 1130758 успешно моделируют почву. А если шарики покрыть черным лаком, предварительно скрепив их эластичным клеем, как это предложено по а. с. 871181, то можно получить точную оптическую модель морской зыби и взволнованного моря, приблизив модель к реальным условиям.

Суровые арктические условия накладывают определенный отпечаток на архитектуру сооружений. Особенно опасен процесс обледенения. От него страдают не только сооружения, но и люди, которые тратят массу усилий на ликвидацию последствий подобных природных явлений. Группе изобретателей, столкнувшейся с решением проблемы защиты сооружений от обледенения, пришла в голову «гениальная» идея, за которую они получили а. с. 1076519. Если крышу сделать в виде полого перфорированного шарового сегмента, то комфорт в арктических условиях будет обеспечен. Образовавшаяся на поверхности такой крыши корка льда покрывается мелкими трещинами и сама «сбрасывается» вниз.

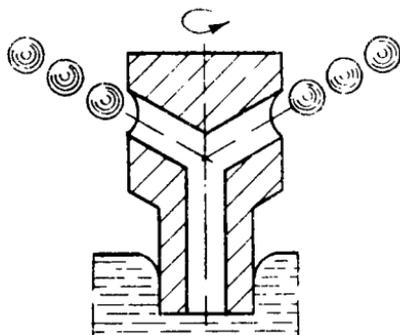
Совершенствуя космическую технику, нельзя забывать о быте и удобстве обитания космонавтов. Украсить интерьер станции и возместить расход пищевых продуктов могут растения. Но в чем вырастить их в невесомости? Авторы а. с. 420288 предлагают для этих целей контейнер в виде шара, заполненного капилляропористым материалом с питательным раствором. Такой контейнер при любом положении в пространстве обеспечит нормальный рост растению. Эксперименты в космосе подтвердили правильность найденного решения.

Если раньше нейтроны были предметом изучения физиков-теоретиков, то теперь они широко используются в промышленности, например, при химическом анализе, при определении структуры кристаллов, магнитных сплавов, полимеров и т. д. Однако нейтронные установки небезопасны, поэтому их диагностике уделяется огромное внимание. В переносном измерителе доз нейтронных излучений фирмы «Тесла» (ЧССР) детектор в виде шара уверенно находит источник и мгновенно анализирует поглощенные дозы в широком диапазоне — от самых малых до солидных. Измерения позволяют специалисту легко определить места установки защитных экранов.

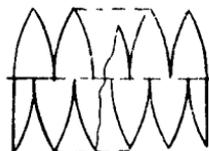
Сегодня в нашей стране строятся десятки, сотни, даже тысячи трубопроводов. Трубопроводы — это дешевый вид транспорта. По ним транспортируются жидкости, газ и всевозможные твердые продукты. Например, в сферовидных ковшах по а. с. 1068656 можно транспортировать жидкие продукты. Однако здесь, как и на любом виде транспорта, не исключены аварийные ситуации: трещина, разрыв нитки трубопровода... и ценное сырье не доходит до потребителя. Сведения потерь к минимуму в подобных случаях достигается только мгновенным перекрытием аварийного участка. Использование традиционных заслонок, профилированных вставок малоэффективно, так как для их установки требуется время, а это приводит к потере сырья. Идеальной заслонкой может служить шар, установленный по а. с. 589495 (фиг. 7.36). При аварии за счет перепада давления шток выталкивает шар-пробку, и поток жидкости прижимает его к горловине, надежно перекрывая аварийный участок. В нормальных условиях сила, выталкивающая поршень со штоком, меньше веса шара, поэтому при устранении неисправности шар возвращается в прежнее положение, не мешая проходу жидкости.



Фиг. 7.36



Фиг. 7.37



Фиг. 7.38

Транспортирование продукции по трубопроводам в большой степени зависит от состояния внутренних поверхностей труб. В процессе эксплуатации необходимо постоянно поддерживать их чистоту. Для этой цели можно воспользоваться шаровыми очистителями, например, как по а. с. 278318 в виде полого шара с дисковыми резцами на поверхности или в виде полого шара с металлическими метелками (а. с. 315896), или в виде шарового металлического сетчатого ерша (а. с. 309753). Налицо продуктивное сочетание шаровых и щеточных конструкций. Подобными очистителями можно очищать трубы различного диаметра без снижения качества очистки.

Оригинальную заслонку можно увидеть в а. с. 1193358. Здесь ее конфигурация меняется благодаря сферическим сегментам, выполненным из материала с эффектом памяти формы. Установленные в несколько рядов со смещением лепестки сегментов от воздействия электрического тока, изменяя свою конфигурацию, образуют регулируемое сопло.

Авторы а. с. 1134251 утверждают, что поверхность листа всегда будет чистой, если он будет иметь рифление в виде сферических вогнутых поверхностей.

Как видите, география применения шаровых конструкций очень обширна. Мы надеемся, что вы пополните ее новыми оригинальными примерами.

Завершая краткий обзор, можно отметить, что шар — технологически отработанная конструктивная форма. На подшипниковых заводах страны шарики изготавливаются диаметром от 0,68 до 152,4 мм из нержавеющей и кремнемолибденовой сталей, латуни и бериллиевой бронзы по четырем группам и девяти классам степени точности. В основном они предназначены для изготовления шарикоподшипников, однако могут поставляться и по индивидуальным заказам [4].

Заинтересованный читатель может более подробно ознакомиться с технологией изготовления различных шаров, просмотрев описания изобретений по следующим классам Международной классификации изобретений: Н 01 21/60, 21/88, 21/603; Н 05 К 3/24, 3/30, 3/32, 3/36; В 29 К 27/12; В 29 31/00; 01 В 7/28, 3/14.

Следует заметить, что идеальная шаровая форма определяется силами поверхностного натяжения, которые исчезают при невесомости или в процессе шарового вращения.

В эксперименте «Сфера», проведенном на борту космической станции «Салют-5», с помощью электрического расплава были получены идеальные по форме шарики из сплава Вуда.

По патенту Франции № 1551368 шарики предлагается изготавливать, используя центробежную силу (фиг. 7.37). В расплавленный металл опускают вращающийся полый шпиндель. Центробежные силы «гонят» металл по наклонным каналам и выбрасывают его наружу в виде тонких струек, которые тут же распадаются на сферические капли и застывают. Меняя глубину погружения и скорость вращения шпинделя, а также сечение наклонных каналов, можно получить шарики различных размеров.

Полый шар можно изготовить из заготовки, раскроенной по а. с. 1156919 (фиг. 7.38).

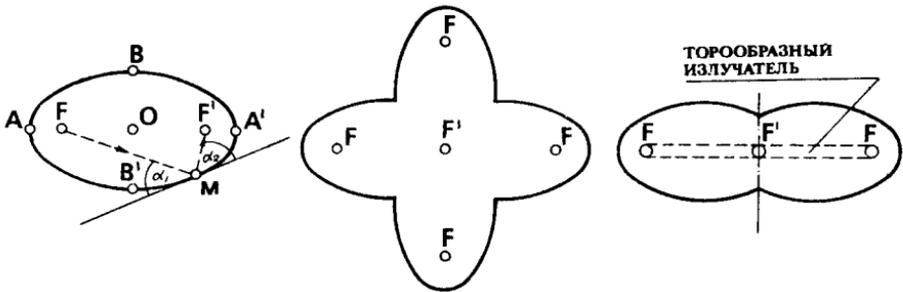
ЛИТЕРАТУРА

1. Архимед. Сочинения. М.: Физматгиз, 1962.
2. Д. Гильберт, С. Кон-Фоссен. Наглядная геометрия. М.: Наука, 1981.
3. М. Берже. Геометрия: В 2 т. М.: Мир, 1984.
4. Подшипники качения и свободные детали. Каталог. М., 1983.

8. ИЗЪЯН НА ПОЛЬЗУ (эллиптические конструкции)

Если взять кружок и поместить его между источником света и стеной, то тень будет иметь правильную форму круга. Если же отвести кружок несколько в сторону, то тень вытянется и приобретет овальную форму, и чем дальше отводить кружок, тем больше будет она вытягиваться. Такой «сплюснутый» круг является одной из фигур, изучением которых занимался древнегреческий геометр Аполлоний (III век до н. э.). Эта фигура представляет собой как бы два меньшие по площади круга, соединенные вместе, в результате чего каждая фигура «утратила» по сегменту и стала неполной. По-гречески недостаток, изъясн — «эллейпсис», поэтому Аполлоний назвал такой деформированный круг эллипсом.

8.1. Познакомимся подробнее с математическими и техническими свойствами эллипса.



Фиг. 8.1

Фиг. 8.2

Фиг. 8.3

Эллипс — геометрическое место точек M , сумма расстояний которых до двух данных точек F и F' (фокусов) равна $2a$. Или: $MF + MF' = 2a$ (фиг. 8.1). Возможно определение эллипса и как сечения цилиндра или конуса плоскостью, не пересекающей основание (эллипс наряду с гиперболой и параболой относится к так называемым «коническим сечениям»). Эллипсоид может быть получен из эллипса путем вращения последнего вокруг большой или малой оси.

Основные термины: O — центр эллипса; A, A', B и B' — вершины эллипса; $AA' = 2a$ — большая ось, $BB' = 2b$ — малая ось, $FF' = = 2c$ — фокусное расстояние.

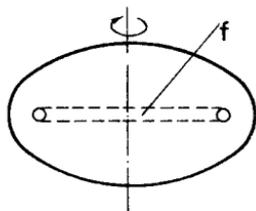
Эллипс обладает замечательным свойством: если его внутренняя поверхность выполнена зеркальной, то лучи, исходящие из одного фокуса, непременно соберутся в другом.

В 1637 г. Рене Декарт в своей работе «Геометрия» доказал, что для световых лучей $\alpha_1 = \alpha_2$ (см. фиг. 8.1). Но, как утверждают изобретатели, с помощью эллипса (эллипсоида) можно фокусировать не только свет (а. с. 167253), но и звук, ультразвук (а. с. 627558, 839071, 980254), ударные волны (а. с. 794578) и т. п. В случае, если в собирающем фокусе F' ничего не расположено, луч дважды отразится от поверхности и вернется в исходный фокус F . В частности, это предложено использовать для дополнительного разогрева нити накаливания ламп инфракрасным излучением (а. с. 1083253).

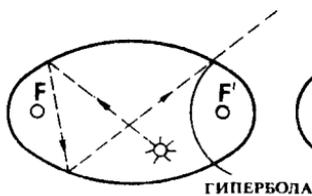
Если же мы захотим увеличить концентрацию излучения в точке, то применим несколько эллипсов с общим собирающим фокусом F' — фиг. 8.2 (а. с. 484588, 567485) или эллиптический тор, образованный вращением дуги эллипса вокруг оси, проходящей через собирающий фокус F' (фиг. 8.3); в последнем случае излучатель тоже имеет вид тора (а. с. 1000491).

Теперь попробуем вращать эллипс относительно малой оси. И смотрите! Точки фокусов образуют кольцевую линию. А если эта кольцевая линия является источником излучения, то после отражения лучи соберутся на нее вновь — фиг. 8.4 (а. с. 1023451).

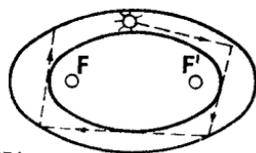
Но этими примерами не исчерпаны все известные варианты отражения лучей внутри эллипса. Возможны еще следующие частные случаи:



Фиг. 8.4



Фиг. 8.5



Фиг. 8.6

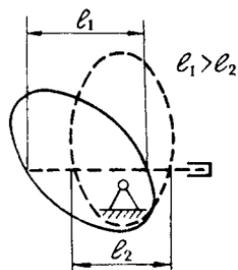
— если лучи света свободно проходят через фокус F' , то после ряда последовательных отражений прямолинейные звенья траекторий будут мало отличаться от большой оси эллипса;

— если луч прошел между фокусами (фиг. 8.5), то он теоретически будет двигаться бесконечно долго, а его траектория

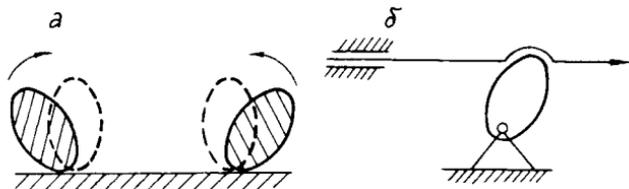
будет состоять из отрезков касательных к семейству гипербол, ортогональных эллипсу и имеющих с ним общие фокусы;

— если луч пущен не между фокусами (фиг. 8.6), то отрезки его пути будут касательны к меньшему эллипсу с теми же фокусами.

8.2. Встречается ли эллипс в природе? Да, приведем лишь два примера. Когда дерево растет на возвышенности, где дуют ветры определенного направления, поперечное сечение ствола приобретает форму эллипса или овала. Если же дерево растет в лесу, то оно приближено к окружности. Или пример из физики. Анизотропия тепловых свойств слюды такова, что если в центр слюдяной пластинки, покрытой воском, установить раскаленную иглу, то тающий воск образует на поверхности вокруг острия эллипс. Как видим, эллипс не только математическая абстракция, но и одна из природных форм, правда, достаточно экзотичная. Наверное, поэтому человечество издавна относилось к эллипсу не как к самостоятельной геометрической фигуре, а как к «неправильной» окружности... Не случайно в лаборатории И. П. Павлова у собаки вырабатывался положительный рефлекс на изображение окружности и отрицательный — на изображение эллипса. После закрепления рефлекса круг начинали поворачивать в поле ее зрения так, что он постепенно превращался в эллипс — собака беспокоилась и срывалась в истерику... Однако в технике такой переход (от окружности к эллипсу) часто бывает просто необходим.



Фиг. 8.7



Фиг. 8.8

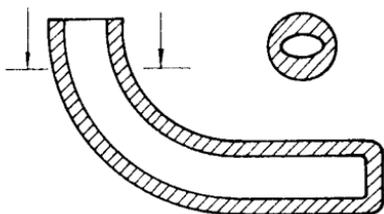
Давайте познакомимся с механическими свойствами эллипса. Ситуация 1-я: эллипс вращается. При повороте эллипса изменяется характерный линейный размер — фиг. 8.7 (а. с. 207449, 441039), а значит, это можно использовать для регулировки излучения; кривизна, например, в санях по а. с. 927613, в зависимости от свойств снега, так предложено изменять площадь опорной поверхности полозьев, показанных в поперечном сечении на фиг. 8.8a. А в а. с. 513129 использован разворот эллипсного

кулачка для регулировки натяжения нити, как это показано на фиг. 8.8 б.

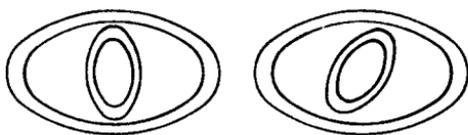
При равной силе, действующей на катящийся по некой поверхности эллипс, удельные давления из-за его различной кривизны будут максимальны при вертикальном положении большой оси и минимальны — при горизонтальной. Значит, этим способом легко реализовать переменную нагрузку на поверхность (патент СССР № 621307, а. с. 1132987) и даже формировать декоративный «полосатый» след (а. с. 668990).

А если разворачивать друг относительно друга пару или более эллипсов, имеющих общую ось, перпендикулярную их плоскости, то можно регулировать статические моменты инерции (а. с. 484902, 933409).

Отметим, что, при прочих равных условиях, обод в виде эллипса обладает максимальной жесткостью в направлении длинной оси и минимальной — в направлении малой. Следовательно, в зависимости от угла приложения силы к такому ободу возникнут различные внутренние силы сопротивления и деформации (а. с. 359034, 860857). Возможно применение эллипса в сочетании с гидравликой для решения многих задач, например, при изготовлении загнутых под углом труб — их протаскивают через рогообразный сердечник, который в процессе эксплуатации неизбежно разгибается... Как предотвратить разгибание? Авторы а. с. 564906 полагают, что кривизна будет увеличиваться, если в сечении сердечника выполнить эллипсоидообразную полость, сообщающуюся с источником давления (фиг. 8.9). Аналогично устроены захватные устройства, имеющие различную жесткость сечений в различных направлениях (а. с. 359453, 434202, 520472).



Фиг. 8.9



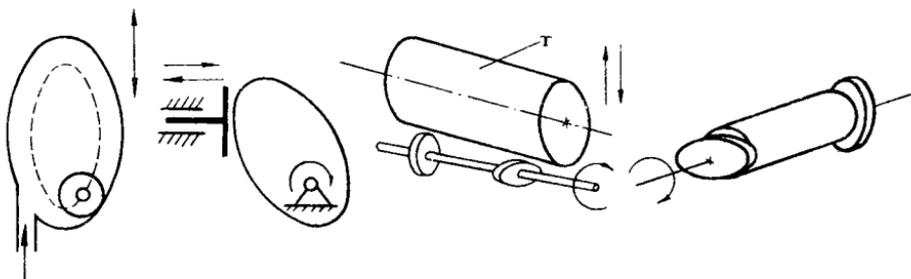
Фиг. 8.10

Относительный разворот двух или более вложенных друг в друга эллипсов (или иных элементов с анизотропной жесткостью, графически представимой в виде эллипсов) также позволяет плавно регулировать механические характеристики конструкций (а. с. 817346, 1052773). На фиг. 8.10 изображена схема регулировки жесткости и упругости в результате взаимодействия пары эллипти-

ческих колец. Отметим, что при наличии двух фигур возможности регулировки значительно шире, чем для одной формы.

8.3. Прежде чем мы начнем знакомство со следующим разделом — задача на сообразительность: может ли колесное транспортное средство перемещаться без тряски по дороге с синусоидальным профилем? Правильным считается ответ, если спрашиваемый догадается, что колеса должны быть эллиптическими. Необходимо добавить: подобное утверждение не совсем точно — по такой дороге действительно можно двигаться почти без тряски, однако эллиптические колеса должны участвовать в двух взаимосогласованных строго определенным образом перемещениях: вращении вокруг оси и скольжении относительно синусоиды...

Итак, ситуация 2-я: эллипс и вибрация. Например, выполняя одно из колес в бесконечной передаче эллипсным, можно бороться с определенной частотой вибрации всей передачи в целом (а. с. 409847). Точно таким же образом можно добиваться обратного, т. е. создавать вибрацию (а. с. 177205). Главное преимущество этих конструкций перед традиционными эксцентриками — динамическая сбалансированность эллиптических колес при вращении.



Фиг. 8.11

Фиг. 8.12

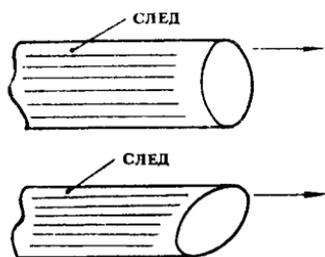
Фиг. 8.13

Иной путь создания колебаний описан в а. с. 427745, 749449, 935134 (фиг. 8.11). Направленные колебания возникают здесь из-за изменяемой в зависимости от точки эллиптического профиля центробежной силы, действующей на разгоняемый воздухом шарик.

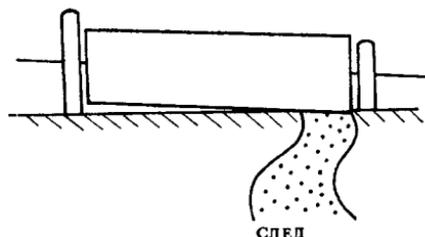
Естественно, вызовет колебания тела любой овал или эллипс, вращаемый на оси, как это показано на фиг. 8.12 (а. с. 556934). Если же на одной оси расположены два эллипса, большие оси которых развернуты относительно друг друга на 90° , то вращение оси вызовет сложную вибрацию тела T — фиг. 8.13 (а. с. 537826). Параметры вибрации можно регулировать относительным разворотом эллипсов, соотношением размеров их осей и т. д. Впрочем, возможные способы регулировки подобных конструкций еще ждут своих изобретателей...

8.4. Что есть след движущейся точки? Линия. А след движущейся линии? Поверхность. Подобные геометрические преобразования восходят в истории геометрии к школе Платона... Эллипс — частный случай из всего многообразия геометрических фигур и тел, а значит, имеет смысл «примерить» эти преобразования к нему.

Итак, ситуация 3-я: след и эллипс. Если эллипс или иная протяженная фигура движутся поступательно, то, развертывая их в плоскости движения, можно получить след регулируемой ширины. Например, так устроен рапидограф по а. с. 701841 (фиг. 8.14). А конструкция, состоящая из цилиндра с эллиптическими колесами по бокам, развернутыми одно относительно другого на 90° , оставит при перекачивании по плоскости, цилиндру или конусу зигзагообразный след (а. с. 1087198, 1217962). Одно из возможных применений конструкции — нанесение декоративных узоров (фиг. 8.15).



Фиг. 8.14



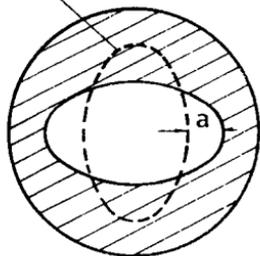
Фиг. 8.15

А вот пример совсем из другой области. На одном из заводов столкнулись с задачей: нужно просверлить отверстие длиной 300 мм и диаметром 3 мм в стеклянном блоке. Обычно для этого применяют трубчатые сверла: внедряясь в заготовку, они оставляют так называемый керн — столбик основного материала. Но производительность в этом случае чрезвычайно мала: одно отверстие за смену (нужно периодически останавливать станок, вручную удалять керн, охлаждать зону резания). Нельзя ли совместить эти процессы? Оказалось, можно. Если внутренний канал сверла изготовлен в виде эллипса, скорость обработки увеличивается в 2 000 раз! Диаметр керна в таком случае равен малой оси эллипса, и в образовавшиеся зазоры a можно подавать охлаждающую жидкость, вымывающую стружку, — фиг. 8.16 (а. с. 327068). Аналогичное решение для интенсификации теплоотвода во вращающихся конструкциях защищено а. с. 302514.

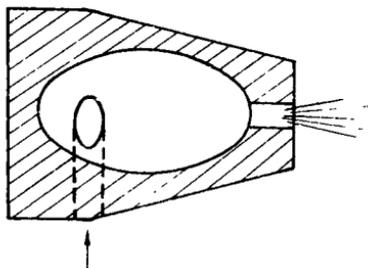
8.5. В настоящее время не нашли корректного физического объяснения два эффекта, связанные с овальными сечениями конструкций и течением жидкости. Дело в том, что если насадка для

брандспойта — трубка, опрессованная до двух взаимоперпендикулярных овалов в соседних сечениях, то длина истекающей струи, по сравнению с обычным брандспойтом, увеличивается без дополнительных затрат на 30% — а. с. 629936 [4]. Аналогично, если жидкость подается тангенциально в камеру по форме эллипсоида или овоида, дальность струи увеличивается до 27% — фиг. 8.17 (а. с. 929867, 1163006).

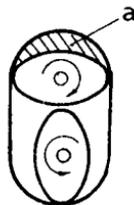
ПОЛОЖЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ
ПРИ ПОВОРОТЕ СВЕРЛА НА 90°



Фиг. 8.16



Фиг. 8.17



Фиг. 8.18

8.6. И напоследок — два свойства эллиптических передач. При зацеплении эллиптических колес передаточное отношение и усилие изменяются в процессе вращения (а. с. 185654, 448073, 540763). В частности, это нашло применение в велосипедах, автомобилях и т. п., поскольку именно по «эллиптическому закону» изменяется усилие, развиваемое велосипедом.

Объем a , отсекаемый от овальной камеры одной из эллиптических шестерен, изображенный на фиг. 8.18, приблизительно равен 0,25 свободного объема камеры. Это свойство широко используется в расходомерах жидкости [5].

8.7. Небольшая справка для тех, кто будет вычерчивать и изготовлять эллипс. Правила его построения и основные математические соотношения изложены в [2, с. 60]. Кроме этого, приборы для вычерчивания эллипса — эллипсографы — могут быть найдены в подгруппе В43 11/04 4-й редакции Международной классификации изобретений.

Различные способы изготовления эллипсных валов изложены в описаниях изобретений по а. с. 211351, 297491, 444628, 823085, 891359, отверстий — а. с. 459326, 184165, 570489, 1225732, а также в [3] и [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Воздвиженский М. Эллипсом сверлят в 2 000 раз быстрее. Изобретатель и рационализатор, 1973, № 5.
2. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. М.: Наука, 1975.

3. Дружинский И. А. Сложные поверхности: математическое описание и технологическое обеспечение: Справочник. Л.: Машиностроение, 1985.

4. Ермаков Ю. Полезный смерч. Изобретатель и рационализатор, 1982, № 11.

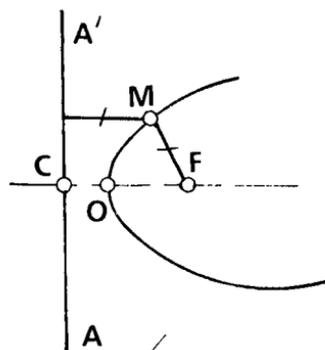
5. Княсбейли А. Ш., Лившиц Л. М. Счетчики и расходомеры с овальными шестернями. М.: Машиностроение, 1983.

6. Литвин Ф. Л. Некруглые зубчатые колеса. Изд. 2-е. М.: Машгиз, 1956.

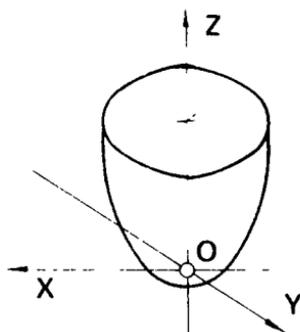
9. ЖИДКИЙ ТЕЛЕСКОП

Диаметр зеркала самого крупного в мире оптического телескопа, работающего близ станицы Зеленчукской на Кавказе,— шесть метров. Это почти предел того, что можно сделать из стекла. При изготовлении таких огромных зеркал возникают сложнейшие проблемы с подготовкой стеклянной отливки, ее охлаждением, обработкой, шлифовкой, нанесением отражающего покрытия, установкой зеркала... Достаточно сказать, что телескоп-гигант создавался 15 лет. Изготовление, да и работа телескопа сильно затрудняются большой массой зеркала. Но тем не менее астрономам нужны еще более крупные телескопы... Как быть?

Идея возникла давно: зеркало телескопа можно сделать жидким. Еще английский физик Д. Брюстер в 1857 г. предложил вращать чашу, наполненную ртутью, вокруг вертикальной оси. Поверхность жидкого металла в результате взаимодействия силы тяжести и вращения примет параболическую форму — как раз такую, какая необходима для собирающего зеркала...



Фиг. 9.1



Фиг. 9.2

9.1. А теперь познакомимся с математическими свойствами параболы. Парабола — геометрическое место точек M , равноудаленных от заданной точки F и заданной прямой AA' (фиг. 9.1). Точка O называется вершиной, F — фокусом (что в переводе с латинского означает очаг), FO — отрезок, лежащий на оси пара-

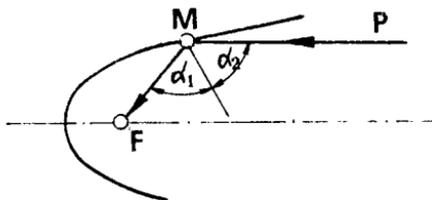
болы. Возможно иное определение: парабола — сечение конуса плоскостью параллельно его образующей.

Каноническое уравнение обычной параболы записывается так: $y^2 = 2px$, где $p = 2FO$.

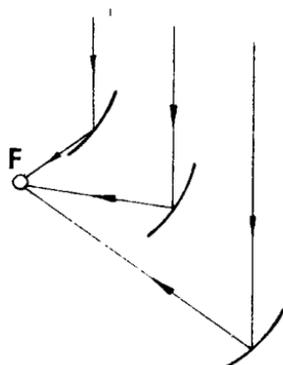
Если вращать параболу вокруг оси OF , она очертит параболоид вращения (фиг. 9.2). В более общем случае, когда в поперечном сечении параболоида лежит эллипс, мы имеем эллиптический параболоид.

Кубическая парабола $y = cx^3$, где c — постоянная величина. Эта кривая используется в качестве переходной вставки между прямолинейными и круговыми участками железной дороги. В точке сопряжения с прямым участком радиус кривизны переходной кривой должен равняться бесконечности, а затем, по мере продвижения поезда по переходной кривой, в точке сопряжения с окружностью должен равняться ее радиусу. Это обеспечивает плавное нарастание центробежной силы от нуля до максимального значения.

Параболой четвертого порядка называется кривая $y = cx^4$. Как показал Торричелли, она является образующей поверхности жидкости, находящейся во вращении в сосуде и вытекающей через отверстие в его дне.



Фиг. 9.3



Фиг. 9.4

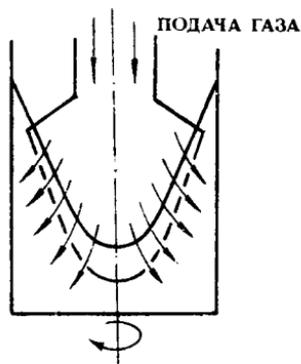
Если из произвольной точки M параболы (или параболоида) построить нормаль, то прямая MF , соединяющая эту точку с фокусом F , и прямая PM , параллельная оси параболы, образуют с нормалью равные углы: $\alpha_1 = \alpha_2$ (фиг. 9.3). Значит, при ходе лучей, показанных на последнем рисунке, она может концентрировать излучения и потоки вещества в фокусе. Например, парабола (параболоид) может концентрировать: коронный и дуговой разряды (а. с. 300220, 458900), струи газа (а. с. 896403), солнечный свет (а. с. 514112), инфракрасное излучение (а. с. 1041769, 1082990), поток стружки (а. с. 225665) и т. п.

Развитием подобных решений является а. с. 1023270, где для еще большей концентрации излучения предложено использовать несколько параболоидов с общим собирающим фокусом (фиг. 9.4).

При ходе лучей, обратном изображенному на фиг. 9.3, парабола (параболоид) способна рассеивать излучение, исходящее из фокуса. Таково решение по а. с. 252870, где излучающее тело расположено вблизи фокусов параболического рефлектора для образования расходящегося потока, отраженного от него (фиг. 9.5).



Фиг. 9.5



Фиг. 9.6

9.2. Познакомимся с задачей из совсем другой области техники. Для очистки газа применяют барботажные абсорберы, где очистка производится во время всплытия в жидкости пузырьков газа. Чем больший путь всплытия и чем большая поверхность жидкости, тем лучше для очистки. Поэтому появились многоярусные громоздкие аппараты, требующие большой энергии. Но они оказались непроизводительными. Можно ли создать аппарат, лишенный этого недостатка? Иначе говоря, создать конструкцию, в которой площадь свободной поверхности жидкости была бы в несколько раз больше площади поперечного сечения самого аппарата, а путь прохождения газа в жидкости, при минимальном расходе энергии, в десятки раз больше глубины погружения в нее источника газа? Это легко осуществить, если прибегнуть к закручиванию барботажного слоя жидкости (а. с. 190338). Тогда поверхность жидкости примет форму параболоида вращения, площадь которого значительно выше поперечного сечения сосуда. Газ подается в жидкость через сетчатую оболочку, не оказывающую существенного влияния на параболическую форму воронки (фиг. 9.6).

Заметим, параболическая форма вращающейся жидкости при увеличении скорости вращения переходит в гиперболическую, а при наклоне сосуда значительно искажается. Значит, телескоп

с таким зеркалом нельзя разворачивать вслед за наблюдаемой звездой. Выход из положения в начале нашего века пытался найти известный мастер физического эксперимента Р. Вуд. Он пытался покрывать слой ртути вязкой жидкостью, но не добился радикального решения проблемы — изображения звезд оставались размытыми. Казалось бы, жидкий телескоп должен войти в историю науки как неудавшийся эксперимент. Однако эту проблему удалось решить в 1976 г. сотрудниками Харьковского университета. Их идея была предельно проста: не соединять вращающийся сосуд с жидкостью и вал мотора жесткой связью, а помещать его в систему свободно плавающих друг в друге емкостей, из которых с приводом связан лишь внешний сосуд. Внутренний сосуд самоцентрируется и сохраняет строго горизонтальное положение (а. с. 582978).

Специалисты считают, что в сочетании с электронной техникой обработки сигналов может быть получен жидкий телескоп с диаметром зеркала 30 м. Кроме того, следует учитывать, что, изменяя скорость вращения этого зеркала, можно изменять его фокусное расстояние (а. с. 282450, 712251). Более того, используя застывающие полимеры, точно таким же образом можно изготавливать и сами параболоиды вращения (а. с. 209674, 368049, 580345), регулировать кривизну поверхностей (а. с. 718799, 1104371). Нашло применение и отрицательное свойство жидкого зеркала — изменять свой профиль при малейших наклонах; на этом принципе могут быть построены различные датчики (а. с. 475552, 544922).

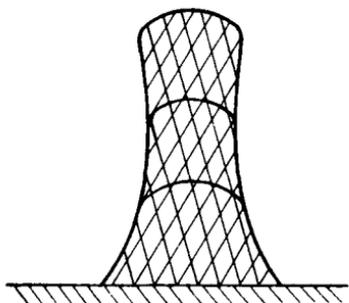
ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев В. П. Немного Солнца в ведре воды. Юный техник, 1985, № 8.
2. Перлов Л. Эффект закрученных пузырьков. Изобретатель и рационализатор, 1972, № 8.
3. Савелов А. А. Плоские кривые. Систематика, свойства, применения: Справочное руководство. М.: Физматгиз, 1960.

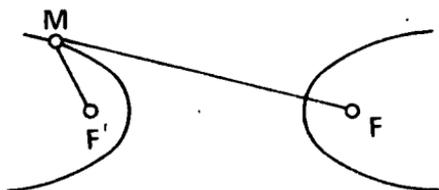
10. ГИПЕРБОЛОИД — КРИВИЗНА ИЗ ПРЯМЫХ

10.1 Все знают Эйфелеву башню: она стала своего рода символом Парижа... Увы, уникальное строительно-архитектурное сооружение по мере развития техники оказалось не столь удачным в инженерном плане, и в дальнейшем для создания высотных сооружений стала использоваться менее известная, но более эффективная конструкция выдающегося русского инженера В. Г. Шухова, защищенная Привилегией России № 1896. Предметом Привилегии явилась «...ажурная башня, характеризующаяся тем, что остов ее состоит из пересекающихся между собой прямолинейных дере-

вянных брусьев или железных труб, или угольников, расположенных по производящим тела вращения, форму которого имеет башня, склепываемых между собою в точках пересечения и, кроме того, соединенных горизонтальными кольцами» (на фиг. 10.1 показана схема башни). Казалось бы, проще использовать для постройки башен, антенн и подобных сооружений цилиндрические поверхности. Зачем же понадобился однополостный гиперболоид (а именно эта форма была использована Шуховым)? Но взгляните еще раз на рисунок: прямолинейные образующие башни пересекаются, придавая ей дополнительную жесткость. Попытка получить подобную ажурную и в то же время жесткую конструкцию цилиндрической формы была бы не столь эффективна — потребовались бы криволинейные стержни. А любой производитель знает: это резко увеличит трудоемкость изготовления, транспортировки и монтажа конструкций.



Фиг. 10.1



Фиг. 10.2

Практика подтвердила инженерный расчет В. Г. Шухова — в мире построено не менее двухсот подобных конструкций (маяков, башен, антенн). В частности, с радиобашни, выполненной в 1921 г. по проекту и под руководством Шухова на Шаболовке, начались регулярные радиопередачи из Москвы. Нашла себе применение и ажурность шуховских башен на ряде кораблей России и США («Андрей Первозванный», «Вест Вирджиния» и др.). В отличие от сплошных мачт, они в какой-то мере были «прозрачны» для снарядов противника. Использовал В. Г. Шухов гиперболоид вращения и для получения вантовой конструкции (Привилегия России № 1894). Но, как подметил еще А. С. Пушкин, «Европа в отношении России всегда была столь невежественна, как и неблагодарна» — и эта конструкция закрепилась в мировой строительной практике за именем иностранца.

Прежде чем продолжить рассказ о гиперболоидах, ознакомимся с минимумом тех сведений из математики, которые нам понадобятся в дальнейшем.

10.2. Начнем с определения гиперболы. Гипербола — геометрическое место точек M , разность расстояний которых до двух других точек F и F' (фокусов) имеет постоянное абсолютное значение: $(MF - MF' = \text{const})$ (фиг. 10.2). Возможно определение гиперболы как сечения конуса плоскостью, параллельной двум его образующим.

Каноническое уравнение гиперболы:

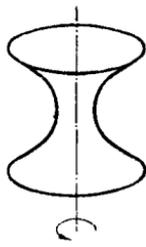
$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

где a и b — постоянные.

Гипербола порождает две различные поверхности вращения. В зависимости от того, происходит ли вращение вокруг линии, соединяющей фокусы, или вокруг перпендикулярной к ней прямой, проходящей через ее середину, мы получаем двуполостный (фиг. 10.3) или однополостный (фиг. 10.4) гиперboloид вращения.



Фиг. 10.3



Фиг. 10.4

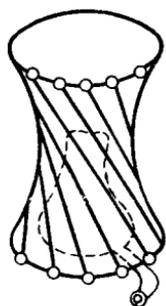


Фиг. 10.5

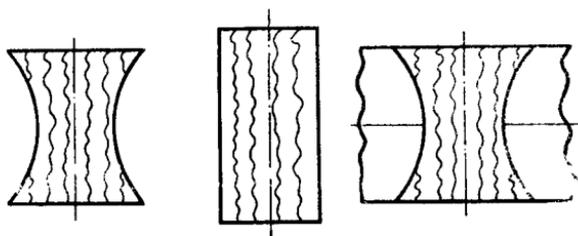
Здесь следует отметить тот поразительный факт, что и однополостный гиперboloид и гиперболический параболоид наряду с цилиндрами и конусом могут быть получены скольжением прямой линии (фиг. 10.5). Поэтому указанные поверхности получили общее название линейчатых. Именно это свойство гиперболических тел позволило В. Г. Шухову получить свои знаменитые Привилегии (патенты), с которых мы начали рассказ. Ныне в СССР выдано не менее дюжины авторских свидетельств, основанных на этом же свойстве, но существенных коррективов до сих пор не внесено. Хотя интересно решение по а. с. 479871: опорная стойка благодаря шарнирному закреплению концов прямолинейных образующих способна «вырастать» при нагнетании в баллон, помещенный внутри гиперboloида, воздуха (фиг. 10.6).

А такое очевидное свойство, как возможность разместить на поверхности гиперboloида наклонно прямолинейные стержни, а следовательно, уменьшить высоту конструкции, было разработано лишь в 1981 г. для укладки тепловыделяющих элементов (а. с. 879186).

Примеры использования гиперboloида вращения для создания статических конструкций — хрестоматийный и, пожалуй, единственный пример, приводимый в математической литературе. Наиболее широко раскрываются возможности гиперboloида в литературе патентной.



Фиг. 10.6



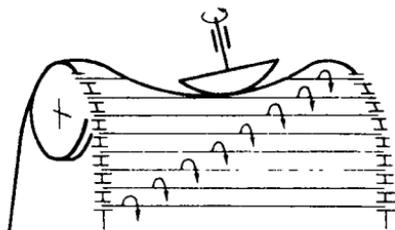
Фиг. 10.7

10.3. В современных изобретениях все чаще и чаще традиционные геометрические формы усиливаются различного рода дополнительными «хитростями». Проиллюстрируем это на примере решения важной народнохозяйственной задачи. Множество деревянных железнодорожных шпал постепенно приходят в негодность в результате «разбивания» костылем крепежного отверстия. Как быть? Заменять старые шпалы новыми? Это слишком дорого. Восстанавливать шпалы? Но как? Ответ дан в описании изобретения по а. с. 765529. Его авторы предлагают восстанавливать само отверстие. Делается это довольно просто: вытачивают из дерева втулку, например, в виде однополостного гиперboloида или конуса, высушивают, радиально спрессовывают до придания цилиндрической формы, устанавливают в отверстие и смачивают (фиг. 10.7). Вставка разбухает так, что возникшее при этом давление достигает 50 кг/см^2 , и форма крепежного элемента восстанавливается до первоначальной. Это красивое решение получено сочетанием двух эффектов: физического — разбухания и геометрического — применения особой формы заготовки.

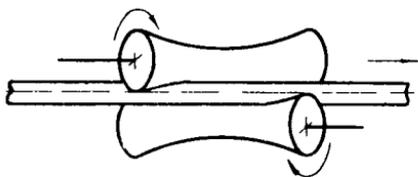
10.4. Статические конструкции существуют «сами по себе», взаимодействуя с внешней средой и противостоя ей. В мире техники наиболее частый объект, с которым взаимодействует однополостный гиперboloид, — тела вращения.

Скажем, чтобы можно было одновременно обрабатывать несколько параболических поверхностей, авторы изобретения по а. с. 460987 решили изготавливать инструмент в виде «седла» — гиперболического параболоида (фиг. 10.8). Если же нужно тран-

спортировать, очищать, прокатывать, пакетировать и т. д. изделия цилиндрической формы, то, по мнению многих изобретателей, нет лучше средства, чем пары прямо- или косоугольно установленных валков гиперболической или близкой к ним формы (а. с. 159474, 321199, 995955) — фиг. 10.9. А можно и развернуть обрабатываемое изделие вокруг продольной оси, стоит лишь нанести на поверхность гиперboloида ребра по винтовой линии — фиг. 10.10 (а. с. 1130459).

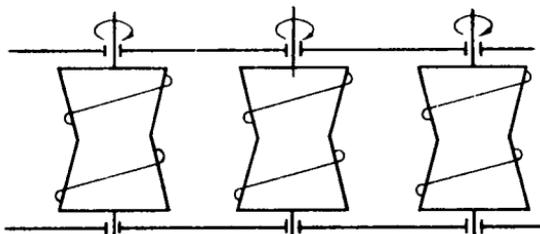


Фиг. 10.8

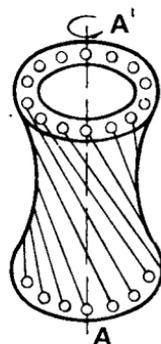


Фиг. 10.9

10.5. Еще одно замечательное свойство гиперboloида — способность изменять свой боковой профиль для лучшего приспособления к различным поверхностям, так сказать, от самого гиперboloида вплоть до цилиндра. Для этого его делают скручивающимися относительно оси $A-A'$ (фиг. 10.11), будь то абразив-



Фиг. 10.10



Фиг. 10.11

ный инструмент (а. с. 156864), сельскохозяйственное орудие (а. с. 426618) или фреза (а. с. 1077719). Общая идея всех конструкций — прямолинейные стержни, образующие гиперboloид, соединяются с боковыми дисками шарнирно.

А если есть скручивание, значит, есть изменение угла наклона упомянутых образующих к основанию. Это позволяет выбирать оптимальный угол резания плуга по а. с. 865147, центробежной

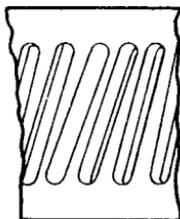
мельницы по а. с. 368878. А если образующие стержни выполнить полыми и подавать через них рабочую среду, то скручиванием гиперболоида можно будет легко подобрать оптимальный режим дутья (а. с. 194766). Кроме того, этот ГЭ можно использовать для создания многокоординатного датчика положения (а. с. 1185128), каждый «очувствленный» стержень будет выдавать информацию о происходящих с ним пространственных деформациях.

Вопрос: как увеличить угол скручивания в несколько раз при сохранении прежних габаритов гиперболоида? Ответ мы найдем в описании а. с. 540172, где гиперболоиды помещены один в другой, как в матрешке, а их торцы соединены так, как это показано в разрезе на фиг. 10.12. Так общий угол поворота складывается от поворота отдельных гиперболоидов.

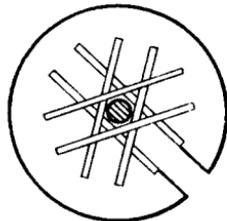
Можно ли получить обратное преобразование? То есть, изменяя длину образующих, получить вращение основания... Да, изобретатель Р. В. Беляков придумал оригинальный двигатель, который работает бесшумно, экологически чист и, более того, — при соответствующей доработке совместим с биообъектами — а. с. 626819, [1].



Фиг. 10.12



Фиг. 10.13



Фиг. 10.14

Как же он работает? Дело в том, что волокна, полученные из полиакриловой кислоты и поливинилового спирта, набухают, например, в воде и сокращаются в кислой среде... Теперь осталось уложить сами волокна по прямолинейным образующим гиперболоида и подводить к ним поочередно соответствующие жидкости — двигатель готов. Как видим, союз геометрии и химии также способен давать интересные технические идеи.

10.6. Заинтересованный читатель, наверное, заметил: при скручивании изменяется не только внешний, но и внутренний диаметр гиперболоида. Автору пока не удалось обнаружить в патентной документации прямого использования изменения наружного диаметра, зато изменение внутреннего диаметра горловины гиперболоида нашло наиболее массовое применение из всех его свойств. Обычно это свойство применяется для изменения проходных сечений

в затворах, тормозах, захватах, отжимающих устройствах и для решения других задач, сводимых к ним. Несмотря на общность основной функции — изменять величину внутреннего сечения при скручивании, ей соответствуют различные конструктивные реализации. Например, затвор по а. с. 331207 и 1099146 получают скручиванием эластичного цилиндра из ткани; в решениях, описанных в а. с. 391313, 1165446, фиксацию осуществляют нитями корда или тканью, армированной кордом; в а. с. 683853 и 1125065 гиперболический торсион скручивается благодаря продольным прорезам (фиг. 10.13), а сильфон по а. с. 309185, [3] — в результате расположения гофр под углом к основанию. А как удобно загружать в люнет длинномерные изделия не с торца, а в направлении, перпендикулярном продольной оси изделия. Для этого нужно лишь развернуть боковые диски опоры, вложить в радиальный паз изделие и вернуть опору в первоначальное положение (фиг. 10.14). Количество таких опор — по потребности (а. с. 808207).

Рассматривая большей частью чисто геометрические свойства, мы не должны забывать, что с их помощью можно эффективно управлять различными физическими параметрами. Так, аэродинамические характеристики глушителя по а. с. 676742 изменяются в результате изменения сечения гиперboloида.

10.7. Наверное, не так уж много известно устройств, позволяющих быстро изменять свой внутренний объем или объем, ограничиваемый наружной поверхностью устройства и внешней оболочкой. Тем полезнее то, что однополостный гиперboloид позволяет регулировать объемы буквально одним движением — скручиванием. Таково, например, устройство по а. с. 280819. Его конструктивная реализация не отличается от устройств, описанных в п. 10.6.

10.8. И последнее из рассматриваемых нами свойств гиперboloида, возможно, уникальное: составив пару гиперboloидов с противоположным наклоном образующих «матрешкой», можно одним движением скручивания изменять размер образовавшейся из образующих ячеек (а. с. 452295, 1111837).

Построение гиперболы изложено в справочнике [2]. Устройства для вычерчивания гиперболы — гиперболографы — описаны во II и III томах известного справочника И. И. Артоболевского «Механизмы в современной технике» (М.: Наука. 1979).

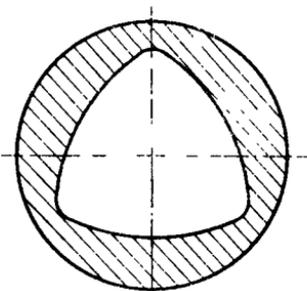
ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков Р. В. Мышцеподобный двигатель. Природа, 1975, № 1.
2. Выготский М. Я. Справочник по высшей математике. М.: Наука, 1975.
3. Маричев В. А. Сильфон, работающий на скручивание. Приборы и техника эксперимента. 1971, № 6.

11. ТРЕУГОЛЬНИК ФРАНЦА РЕЛЛО

Ключевые слова: треугольник Рёлло; гипо- и перициклоида; правильный треугольник с дугowymi стенками; равносторонний треугольник с выпуклыми сторонами; сферический треугольник; равноосный контур (РК-профиль); Краузе профиль (последний термин применялся в довоенной технической литературе).

11.1. Известно множество соединений типа «вал-втулка». В том или ином виде они сводятся к тому, что цилиндрический вал вставлен в цилиндрическую втулку... А разве может быть иначе? Конечно нет, возразит иной читатель: ведь каждый знает, что цилиндрические поверхности наиболее технологичны, кроме того, если изготовить вал в виде того же квадрата или треугольника, это вызовет в углах деталей повышенную концентрацию вредных напряжений. Все верно. Но все же такое соединение возможно. Еще в начале века под различными названиями стало применяться профильное соединение валов, изображенное в сечении на фиг. 11.1.



Фиг. 11.1

Что оно дает? Экспериментально установлено, что его прочность почти в 5 раз выше, чем у шлицевых (а значит — и шпоночных) соединений! И для передачи одинакового крутящего момента их поперечное сечение может быть уменьшено на 30% по сравнению с цилиндрическими соединениями! А при массовом изготовлении эти соединения минимум на 50% дешевле шлицевых [7, с. 33]. Оно и понятно: их профиль «вобрал» в себя преимущества двух фигур — вала в виде равностороннего треугольника, предотвращающего проворот втулки с таким же отверстием, и окружности, профиль которой не концентрирует вредных напряжений. Не случайно одно из названий профиля — «равносторонний треугольник с дугowymi стенками».

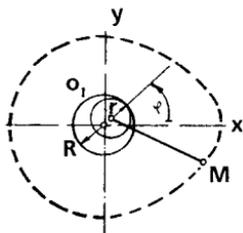
Как же математически определить рассматриваемый профиль? Здесь нам придется ознакомиться с тремя геометрическими формами, имеющими сходные очертания.

Определение гипоциклоиды: если окружность радиуса r катится без скольжения внутри неподвижной окружности радиуса R , то производящая точка M , лежащая вне катящейся окружности и неизменно связанная с ней, будет описывать гипоциклоиду. Вид этой кривой при соотношении $R:r = 3:2$ показан на фиг. 11.2 [4, с. 13—15].

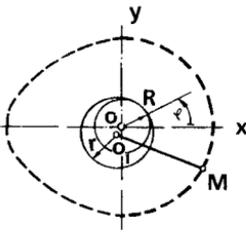
Уравнение гипоциклоиды:

$$x = \frac{R}{3} \cos \varphi + O_1 M \cos \frac{\varphi}{2};$$

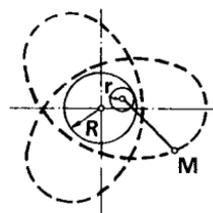
$$y = \frac{R}{3} \sin \varphi - O_1 M \sin \frac{\varphi}{2}.$$



Фиг. 11.2



Фиг. 11.3



Фиг. 11.4

Определение перициклоиды: если окружность радиуса r катится своей внутренней стороной без скольжения по внешней стороне неподвижной окружности радиуса R , то производящая точка M , лежащая вне окружности радиуса r и неизменно связанная с ней, будет описывать перициклоиду. Ее вид при соотношении $R:r = 3:4$ показан на фиг. 11.3 [4, с. 14—15, 22].

Уравнение перициклоиды:

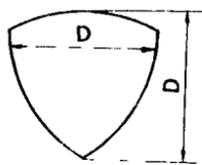
$$x = O_1 M \cos \frac{\varphi}{4} - \frac{r}{4} \cos \varphi;$$

$$y = O_1 M \sin \frac{\varphi}{4} - \frac{r}{4} \sin \varphi.$$

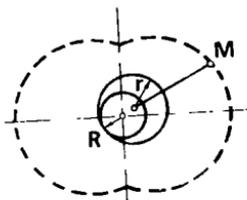
В обоих случаях угол φ заключен между осью OX и радиусом R , проведенным в точку касания окружностей.

Для получения замкнутых гипо- и перициклоид, состоящих из заданного числа дуг и не содержащих петель, необходимо и достаточно, чтобы величины R и r выражались целыми числами и отличались между собой лишь на единицу. На фиг. 11.4 показана замкнутая гипоциклоида, состоящая из трех дуг и трех петель, поскольку $R:r = 3:1$.

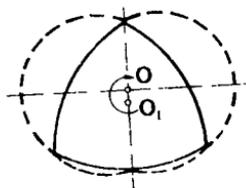
Часто в технике для удобства изготовления и контроля вместо гипо- и перициклоид применяется «равноосный контур» (или РК-профиль) [4, с. 56]. Достаточно точным приближением к нему является фигура, образованная пересечением трех дуг и одного радиуса, центры которых находятся в вершинах равностороннего треугольника. Важно знать, что выполненные в одном масштабе гипо- и перициклоида, РК-профиль при наложении совпадают в шести точках, однако это разные кривые [4, с. 65—67].



Фиг. 11.5



Фиг. 11.6



Фиг. 11.7

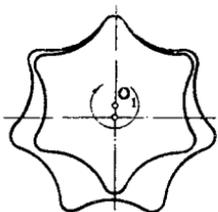
11.2. В чем главное преимущество РК-профиля над другими аналогичными фигурами? Дело в том, что диаметр D , т. е. нормаль между двумя параллельными и касательными прямыми к РК-профилю, есть величина постоянная, а следовательно, это свойство позволяет использовать обычный мерительный инструмент для контроля РК-профиля — фиг. 11.5 [7, с. 34]. Более того, а. с. 853223 защищен ролик подшипника качения, который в силу свойства равноосности может катиться между направляющими как обычный цилиндр. Аналогичное решение для создания тележки транспортного средства описано в патенте США № 2790503.

Наряду с кругом РК-профиль относится к «фигурам постоянной ширины» из-за неизменности своего диаметра, однако при равных с кругом площадях обладает большей шириной в произвольно выбранном направлении, что позволяет использовать РК-профиль в качестве поперечного сечения свай для слабых грунтов (а. с. 922234). А вот несколько иное применение РК-профиля: в описании изобретения по а. с. 614989 утверждается, что корпус плавучей буровой установки, выполненный в плане в виде такого профиля, всегда самоориентируется одним из углов навстречу течению...

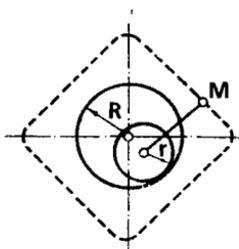
11.3. Теперь познакомимся с полезными свойствами рассматриваемых кривых, которые, пожалуй, нашли наиболее широкое применение.

При выполнении преобразований, указанных в определении перициклоиды, и при соотношении $R:r = 2:3$ производящая точка M опишет эпитрохиду, вид которой показан на фиг. 11.6. В нее

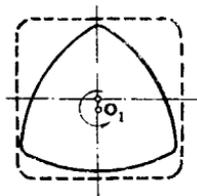
с центром в точке O_1 вписываются гипо-, перициклоида и РК-профиль. При вращении вокруг точки O_1 они также своими концами опишут эпитрохоиду — фиг. 11.7 [3, с. 84]. Это нашло применение для создания насосов [2], редукторов [8] и роторно-поршневых двигателей [3], в частности и двигателя Ванкеля. Вопреки распространенному заблуждению в книге [3] оговорено, что Ванкель был отнюдь не первым, кто предложил использовать рассматриваемые профили при создании ДВС. Главное преимущество рассматриваемых кривых и родственных им более сложных профилей, один из которых показан на фиг. 11.8,— значительно большие рабочие поверхности, а значит, и объемы, по сравнению с шестеренными машинами, у которых рабочая поверхность составляет лишь часть зуба. При создании ДВС и насосов еще одно преимущество заключается в отсутствии возвратно-поступательных движений (а. с. 205429, патент СССР № 212881). К преимуществам схем, изображенных на фиг. 11.7 и 11.8, нужно отнести и компактность.



Фиг. 11.8



Фиг. 11.9



Фиг. 11.10

При выполнении преобразования, изложенного в определении гипоциклоиды, и соотношении $R:r = 4:3$ производящая точка M опишет гипотрохоиду, близкую по своей форме к квадрату с заваленными углами — фиг. 11.9 [3, с. 100]. В нее вписываются с центром в точке O_1 гипо-, перициклоида и РК-профиль. При вращении вокруг точки O_1 они также своими концами опишут гипотрохоиду — фиг. 11.10 (а. с. 240493, 566996, 514649, 1093519). Наверное, теперь читателя не затруднит задача, опубликованная в журнале «Техника и наука» № 7 за 1982 г.: электрополотер перестает справляться со своими обязанностями, как только приближается к углу между стенками комнаты. Тут он бессилен: круглая щетка не в состоянии натереть часть пола, ограниченную сторонами прямого угла и дугой окружности самой щетки. Как быть?

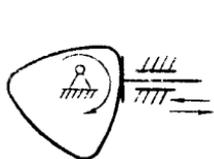
Имея Указатель ГЭ, эта задача решается в одно действие. Заметим, что большинство читателей журнала, не зная о свойствах треугольника Рёлло, не смогли решить задачу.

При поступательном движении точки O_1 с одновременным вращением вокруг нее рассматриваемых нами профилей концы их

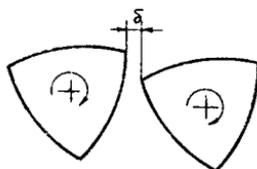
опишут линию, близкую к прямой. В а. с. 654480 это решение предлагается использовать для создания транспортного средства.

11.4. В заключение — небольшая подборка о применении треугольника Рёлло в различных областях техники.

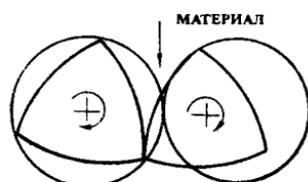
При вращении эксцентрично закрепленного кулачка, как это показано на фиг. 11.11, возможно создание вибраций [1] — а. с. 158745.



Фиг. 11.11



Фиг. 11.12



Фиг. 11.13

Учитывая независимость диаметра от угла поворота в ряду вращающихся кулачков, имеющих РК-профиль, можно обеспечить как их плотное взаимное прилегание, так и постоянный зазор между ними (а. с. 175765, 1115812) — фиг. 11.12.

Значительная рабочая поверхность вращающихся кулачков позволяет эффективно производить захват и размол различных материалов (а. с. 880466, 884715, 982790). На фиг. 11.13 показано, что угол захвата кулачков в виде гипо-, перициклоиды или РК-профиля значительно больше, чем угол захвата между двумя цилиндрами.

11.5. Для читателя сообщаем, что формулы вычисления площадей, моментов инерции и других характеристик рассматриваемых циклоидальных кривых он сможет найти в книге [4, с. 83—87].

С изготовлением профилей можно ознакомиться в [3], [4], [5], [6], [7], а также а. с. 629014, 84432, 599960, 666053, 998102, 1060432, 1182778, патенте СССР № 651673.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И. И. Механизмы в современной технике. Справочное пособие: В 7 т. Т. 5. М.: Наука, 1981.
2. Барилевич В. Н. Распределение рабочей среды в планетарных объемных машинах. Вестник машиностроения, 1972, № 10.
3. Бенинович В. С. и др. Роторно-поршневые двигатели. М.: Машиностроение, 1968.
4. Боронович Л. С. Бесшпоночное соединение деталей машин. М.: Машгиз, 1951.
5. Карелин В. Е. Бескопирная разработка цилиндрических деталей с криволинейной поверхностью сечения. М.: Машиностроение, 1966.

6. Тимченко А. И. Новый способ обработки профильных валов и отверстий с равноосным контуром на токарном станке. Вестник машиностроения, 1981, № 9.

7. Чарнко Д. В., Тимченко А. И. Профильные соединения валов и втулок в машиностроении. Вестник машиностроения, 1981, № 1.

8. Шанников В. М. Планетарные редукторы с внецентроидным зацеплением. М.: Машгиз, 1948.

12. СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ВОЗМОЖНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Требуемая функция, действие	Разделы Указателя ГЭ
1. Регулирование геометрических и сводимых к ним физических параметров: длины (протяженности)	5.8—5.11; 5.14—5.16; 6.1; 6.2; 8.2; 10.2; 10.6
площади, площади взаимного перекрытия	4.2; 5.12—5.17; 6.2; 6.3; 8.4; 9.2; 6.4; 6.8
объема	5.12; 10.7; 7.1
радиуса кривизны	5.16; 5.12; 7.2; 8.2; 9.2
изменение шага шнека, направления навивки	5.17
перемещение тела, получение следа	2.2; 5.13; 5.16; 6.6; 7.7; 8.4
размеров зазоров, ячеи	5.9; 7.8; 10.8
2. Соединение деталей, временная фиксация	3.4; 3.7; 4.9; 7.9; 10.3; 11.1
3. Получение слепка (или контрол-слепка) поверхности и регулирование профиля	3.3; 4.3; 4.4; 5.7; 5.10; 10.4; 10.5
4. Получение опоры, основания	3.2—3.6; 7.7; 7.9; 8.2
5. Передача и регулирование силы, момента	3.3; 3.5; 6.7; 7.7; 8.6
6. Концентрация, локализация и интенсификация воздействия	3.8; 3.9; 4.11; 5.6; 7.3; 8.1; 9.1
7. Разрушение вредных веполей	2.1; 3.2; 3.10; 4.5; 9.1
8. Амортизация	3.8; 4.5; 7.6
9. Ориентация предметов	4.7
10. Рыхление, перемешивание	4.8; 6.5
11. Управление движением жидкости и сыпучих тел	3.5; 3.8; 3.9; 8.5

Требуемая функция, действие	Разделы Указателя ГЭ
12. Создание вибраций	7.8; 8.3; 11.4
13. Получение чувствительных датчиков	7.5; 7.6
14. Изготовление различных форм	Технология изготовления конкретных форм описана в конце соответствующих разделов Указателя ГЭ, а также см. 3.2; 4.12; 5.4—5.7; 5.15

Примечание. Вопросы использования геометрической формы как нетрадиционного ресурса при решении изобретательских задач изложены в работе: Викентьев И. Л. Геометрический пространственный оператор // Теория и практика обучения техническому творчеству / Тез. докл.— Челябинск, 1988. С. 51—53.

