

574.18(075)

13 54

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
Вінницький державний технічний університет

О.П.Вітюк, А.В.Шевченко, О.К.Колесницький

Геометричний синтез
нових технічних рішень

Вінниця ВДТУ 1998

3017 000
Міністерство освіти України
Вінницький державний технічний університет

О.П.Вітюк, А.В.Шевченко, О.К.Колесницький

ГЕОМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ



514.18(075) В 54 1998

Вітюк О.П. Геометричний синтез нових техні

Затверджено Ученою радою Вінницького державного технічного університету як навчальний посібник для студентів і магістрантів технічних спеціальностей



Вінниця ВДТУ 1998

Геометричний синтез нових технічних рішень. Навчальний посібник
/О.П.Вітюк, А.В.Шевченко, О.К. Колесницький - В. : ВДТУ. 1998 - 57с./
Укр.мовою.

Навчальний посібник " Геометричний синтез нових технічних рішень" призначений для вивчення розділів " Криві лінії " і " Криві поверхні " дисципліни " Нарисна геометрія і інженерна графіка " студентами всіх спеціальностей.

Особливістю посібника є те, що теоретичний матеріал, розкритий на підставі аналізу численних оригінальних інженерних рішень, захищених авторськими свідоцтвами і патентами, може бути використаний студентами і викладачами в проєктно-винахідницькій діяльності.

Навчальний посібник призначено для студентів і магістрантів технічних спеціальностей.

Бібліогр.: 12 назв., табл. 1, іл. 60.

Рецензенти :

Азаров О.Д., доктор технічних наук
Поджаренко В.О., доктор технічних наук
Черкунов І.С., кандидат технічних наук



Зміст

Передмова.	4
Глава 1. Геометричні об'єкти.	5
Глава 2. Перетворення форм.	25
Глава 3. Перетворення в просторі.	40
Глава 4. Перетворення структури.	46
Глава 5. Відповіді на задачі.	55
Список літератури.	57

ПЕРЕДМОВА

Знання і мислення — це два різних поняття, але їх не можна протиставляти. Вони мають діалектичний і неоднозначний зв'язок. Процес гуманізації освіти в технічному ВУЗі передбачає формування нових підходів до особистості студента як суб'єкта навчальної діяльності. Реалізація таких підходів повинна здійснюватись на основі сучасних методологічних досягнень.

В процесі підготовки майбутніх фахівців у ВУЗі, як правило, дають готові, затверджені дослідним шляхом знання. Але завдання викладача полягає не тільки в поданні готового матеріалу, а й у створенні ґрунту, умов для народження в студенті внутрішньої особистості. Тому один з аспектів навчального процесу полягає в орієнтації студента в напрямку його самопізнання, самовиховання, самореалізації.

Інформація, яка йде від викладача, повинна відкривати в кожного студента закладену природою творчу програму і тим самим дати йому можливість відчувати себе розвинутою особистістю.

Даний посібник побудований на дуже важливому, з точки зору прикладного втілення, розділі нарисної геометрії, криві поверхні та криві лінії.

Властивості лінійних (одномірних) геометричних об'єктів прямих та кривих (плоских та просторових) ліній обґрунтувати їх широке використання в різноманітних механізмах, оптиці, судобудуванні, радіоелектроніці та інших галузях науки та техніки. Загальне знайомство з кривими і їх властивостями розвиває математичне мислення, сприяє розвитку винахідливого мислення.

Посібник дозволяє професійно орієнтувати студентів в процесі вивчення дисципліни інженерна графіка. В ньому йде мова не про абстрактне розв'язання задач, а конкретно тих задач, які найбільш часто зустрічаються в інженерній практиці. Розв'язання цих задач передбачає роботу з відповідною літературою, навіть патентний пошук, що підвищує активність розумової та пізнавальної активності студента, яка особливо необхідна в сучасних ринкових відносинах.

ГЕОМЕТРИЧНІ ОБ'ЄКТИ

§ 1.1. Лінійні (одномірні) геометричні об'єкти

Мир кривых гораздо разнообразнее и богаче мира точек, но только математики XX века сумели овладеть его богатством.
Р. Винер. Я - математик.

Властивості лінійних (одномірних) геометричних об'єктів прямих і кривих (плоских і просторових) ліній обумовили їх широке використання в різних механізмах, оптиці, судо-, авто- і авіабудуванні, в радіоелектроніці і інших галузях науки і техніки (8).

За допомогою кривих ліній можна наочно простежити той або інший процес, краще зрозуміти суть функціональної залежності, дослідити закономірності. Багато кривих безпосередньо реалізується в живій і неживій природі. Загальне знайомство з кривими і їх властивостями розвиває математичне мислення, сприяє розвитку винахідливого мислення і допомагає переборенню технічних і фізичних протиріч при створенні нових об'єктів. До лінійних геометричних об'єктів відносять об'єкти, які задаються на площині рівнянням $F(x,y)=0$, а в просторі - двома рівняннями $F(x,y,z)=0$ і $G(x,y,z)=0$. Існує також параметричне завдання лінії: на площині - двома рівняннями виду

$$x = \varphi(t), y = \psi(t),$$

де $\varphi(t), \psi(t)$ — довільні функції, неперервні на інтервалі числової осі t .

Аналогічно, в тримірному просторі лінія задається параметричне трьома рівняннями виду $x = \varphi(t), y = \psi(t), z = \chi(t)$.

Якщо багаточлени визначають одну і ту саму лінію, мають один і той самий ступінь n , то величина n називається порядком відповідної лінії.

До ліній другого порядку відносяться коло, еліпс, гіпербола, парабола.

До ліній третього порядку відносяться локон Ан'єзі, декартів лист. Дюклеса цісоїда, кубічна парабола. Маклорена трисекція, офідріда, напівкубічна парабола, строфоїда, тризуб.

Лінії четвертого порядку: лемніската Бернуллі, декартів овал, канна, кардіода, овал Кассіні, конхоїда Нікомедя, улитка Паскаля, крива Персея, крива Штейнера.

До кривих більш високого порядку відносяться крива Ламе, синусоїдальна спіраль.

До трансцендентних ліній відносяться графіки тригонометричних функцій, показникова функція, логарифмічна функція, гіперболічні функції, квадратиса Дінострата, жезл квадрат-риса, кохлеодіда, трактриса, узорна крива, ланцюгова лінія, спіралі (архімедова спіраль, спіраль Галілея, гіперболічна спіраль, спіраль Корню, логарифмічна спіраль, параболічна спіраль, Ферма спіраль), циклоїдальні криві (астроїда, гіпотрохоїда, епітрохоїда, гіпоциклоїда, епіциклоїда, трохоїда, рози, рулетта).

До особливих класів ліній відносяться похідні від інших кривих: конхоїди, лінія погоні, еволюта, евольвента.

Спіраллю називається плоска крива, яка обходить навколо однієї (або декількох) точки, наближаючись або віддаляючись від неї. Серед спіралей виділяють алгебраїчні спіралі і псевдоспіралі. У алгебраїчних спіралей рівняння в полярних координатах є алгебраїчними відносно ρ і ϕ . До алгебраїчних спіралей відносяться: гіперболічна спіраль, архімедова спіраль, Галілея спіраль, Ферма спіраль, параболічна спіраль, жезл (табл. 1.1).

Псевдоспіраллю називаються спіралі, натуральні рівняння яких можуть бути записані у вигляді $r = aS^m$, де r - радіус кривизни, S - довжина дуги. При $m=1$ спіраль є логарифмічною спіраллю, при $m=-1$ - спіраллю Корню, при $m=1/2$ евольвентою кола.

Логарифмічна спіраль має одну цікаву властивість: будь-який промінь, який виходить з початку, перетинає будь-який виток спіралі під одним і тим самим кутом. Величина цього кута залежить від числа "к" в рівнянні спіралі. При цьому під кутом між променем і спіраллю мається на увазі кут між цим променем і дотичною до спіралі, проведеною в точці перетину.

Приклад. Ріжуча промка різця, що обертається, виконана у вигляді спіралі. Одночасно з обертанням і подачею різць при обробці підіймається вгору (А.С. СССР №1013112) (рис.1.2)

Спіраль Архімеда використовується в пристроях для перетворення обертального руху в поступальний (рис.1.3).

Приклад. В свердлі (А.С. №729006) робоча частина скручена з листа по спіралі Архімеда для підвищення твердості.

Приклад. Для підвищення ефективності роботи теплообмінників шляхом збільшення поверхні теплообміну, американські фахівці запропонували виконати на зовнішній і внутрішній поверхнях теплообмінної труби спіралевидну насічку. Площина поверхні труби збільшується приблизно в 2 рази при тому самому зовнішньому діаметрі ("Изобретатель-рационализатор". – 1988. – №1. – С.31.

Найменування спіралі	Рівняння в полярних координатах	Примітки
Архімедова (рис. 1.1, а)	$\rho = a \cdot \varphi,$ $a = const$	Складається з 2-х гілок (в залежності від знака φ). Відстань між витками постійна
Гіперболічна (рис. 1.1, б)	$\rho = a \cdot \varphi,$ $a = const$	Складається з двох гілок ($\varphi > 0$; $\varphi < 0$)
Жезл (рис. 1.1, в)	$\rho = a/\sqrt{\varphi},$ $a = const$	Складається з двох гілок
Параболічна (рис. 1.1, г)	$\rho = a \cdot \varphi^2 - d$ $d > 0$	Асимптота – вісь OP Складається з двох гілок
Галілея спіраль (рис. 1.1, д)	$\rho = a\varphi^2 - d$ $d > 0$	Симетрія відносно полярної вісі
Ферма спіраль (рис. 1.1, д)	$\rho = a \cdot \sqrt{\varphi},$	Володіє центральною симетрією. Складається з 2-х гілок (в залежності від знака ρ). Відстань між витками необмежено зменшується

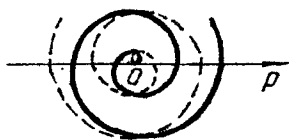
Приклад. Захисну оболонку для навчальних судових валів виконують у вигляді спіральної металевої стрічки, витки якої скріплені з валом і між собою (А.С. №687359).

Циклоїда - плоска трансцендентна крива (рис.1.4) траєкторія точки M кола радіуса r , яка котиться без ковзання по прямій.

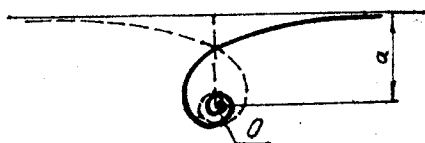
Параметричні рівняння: $x = r \cdot t - r \cdot \sin t, \quad y = r - r \cdot \cos t$

Циклоїда є таутохронною кривою: час, за який матеріальна точка скочується по кривій (оберненою випуклістю донизу) до певної висоти, не залежить від вихідного положення її на кривій.

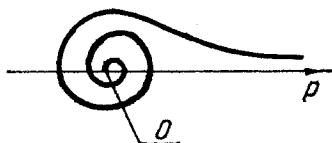
Вказану властивість циклоїди можна використовувати для



а) Спіраль Архімеда



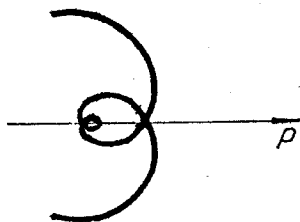
б) Гіперболічна спіраль



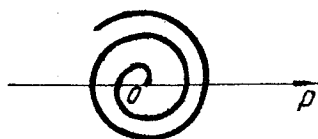
в) Жезл



г) Параболічна спіраль



д) Спіраль Галілея



е) Спіраль Ферма

Рис. I.I

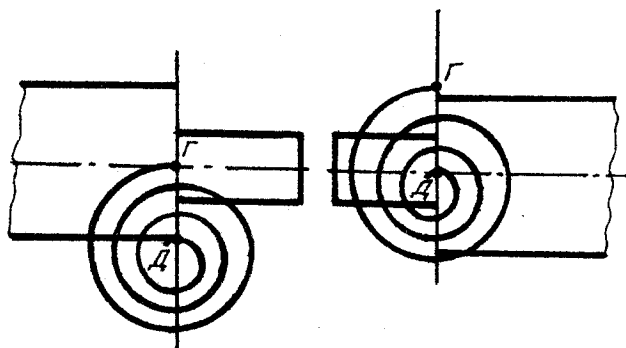


Рис. I.2

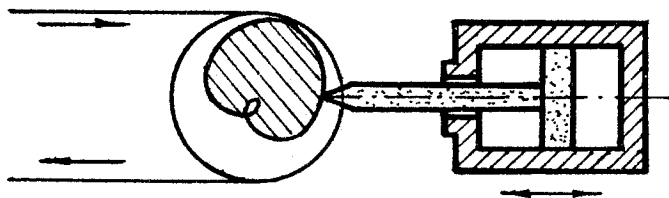


Рис. I.3

виготовлення рятувальних жолобів при швидкій евакуації пасажирів і членів екіпажа суден і т.д.

Епіциклоїда - плоска крива, траєкторія точки виробляючого кола радіуса r , що котиться без ковзання по іншому нерухомому колу радіуса R поза неї (на рис.1.5 точки O і O_1 - центри нерухомого і виробляючого кола. N - точка їх дотику. M - викреслююча точка. AM - ділянка кривої). Параметричні рівняння:

$$x = (R + mR)\cos mt - mR\cos(t + mt)$$

$$y = (R + mR)\sin mt - mR\sin(t + mt)$$

де $m = r/R$.

Якщо $m = p/q$ і p і q - взаємoprості числа, точка M після q повних обертів виробляючого кола повертається на вихідне положення. Епіциклоїда — замкнена крива, яка складається з q гілок з q точками повороту. Узагальненням епіциклоїди є епітрохоїда.

На рис. 1.6 зображена епіциклоїда з $m = 1/3$.

Приклад. Гвинт пароплава має евольвентно-епіциклоїдальної форми кромки лопасті. Гвинт з такою кромкою не рубає перепони (крига, топляк і т.п.), а відштовхує їх. ("Изобретатель и рационализатор". - 1986. - №1. - с.13).

Кардіоїда - плоска алгебраїчна крива 4-го порядку. Рівняння в прямокутних координатах:

$$(x^2 + y^2 + r^2) = 4r^2[(x - r)^2 + y^2]$$

в полярних координатах:

$$\rho = 2r(1 - \cos\phi) .$$

Кардіоїда описується точкою M кола (рис.1.7) радіуса r , що котиться по колу з таким самим радіусом.

Кардіоїда є епіциклоїда з модулем $m = 1$. Крім того кардіоїда - конхоїда кола, винятковий випадок завитка Паскаля і синусоїдальної спіралі.

Приклад. В гідрофоні (пат.США №4081786) пелюстка діаграми направленості має форму кардіоїди. Запропоновано зубці ведучого ротора і западини ведомого ротора в гвинтовій машині.

наприклад компресори, профілювати по кардіоді (рис. 1.8). Це спростить технологію виготовлення гвинтової пари і підвищить економічність машини.

Гвинтова лінія — просторова крива, яка описується точкою, яка обертається з постійною кутовою швидкістю навколо нерухомої осі і одночасно переміщується з постійною швидкістю по вздовж цієї осі. Гвинтова лінія називається циліндричною, якщо вона розташована на поверхні круглого циліндра (рис.1.9).

Параметричні рівняння циліндричної гвинтової лінії:

$$\left. \begin{aligned} x &= a \cos t \\ y &= a \sin t, \quad z = ht \end{aligned} \right\}$$

де t — довжина дуги кривої, a - радіус циліндра, h - стала величина.

Гвинтова лінія грає важливу роль в сучасній науці, особливо в фізиці і біології. Наприклад, молекули ДНК мають форму гвинтової лінії. Гвинтова лінія може бути правою і лівою. В дзеркалі гвинтова лінія, за виразом Аліси з Задзеркалля, "йде навпаки".

Приклад. Для вантаження штучного вантажа в трюм судна використовується гвинтовий спуск. Пристрій стає універсальним, якщо гвинтовий желоб стає гнучким, з змінюваним кутом спуску і кроком. (Заявка ФРГ №2710986) (рис. 1.10).

Приклад. Для підвищення довговічності поршневого пальця ДВС на його поверхні наносять мікрорель'єф у вигляді синусоїди, яка перетинає гвинтову лінію. (А.с. СССР №567837).

Парабола - лінія перетину прямого кругового конуса площиною, яка не проходить через вершину конуса і паралельна будь-якій дотичній площині цього конуса. Парабола - множина точок $M(x,y)$ (рис. 1.11) площини, відстань $r=FM$ яких до точки F (фокуса параболи) дорівнює $d=DM$ до прямої $D_1 D_1'$ (директриси параболи). В прямокутній системі координат $Y^2 = 2px$.

Якщо джерело світла помістити в точку F параболічного

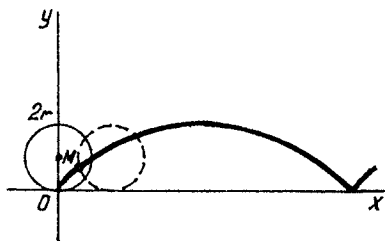


Рис. I.4

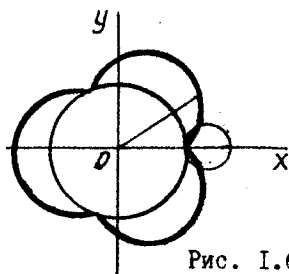


Рис. I.6

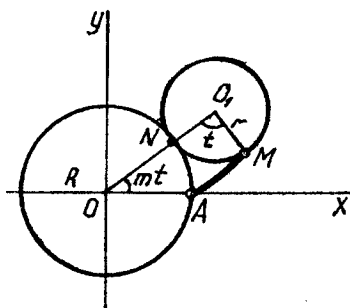


Рис. I.5

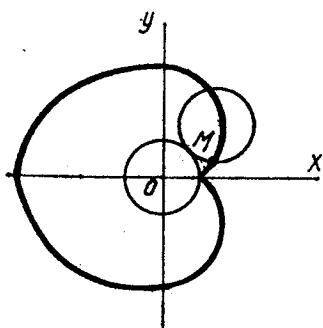


Рис. I.7

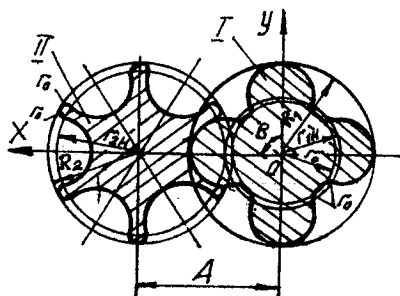


Рис. I.8

відображувача світлосигнального пристрою, наприклад прожектора, то промені що випромінюються джерелом світла будуть відображатися у вигляді паралельних променей. Промені світла, падаючи паралельно осі параболі, будуть збиратися в одній точці - фокусі параболі. Ця властивість параболі використовується в теплових сонячних пристроях і радіолокаторах.

Частки землі, вугілля або якого-небудь іншого матеріала при подачі їх стрічковим транспортером, падаючи під впливом сили інерції і сили ваги описують параболу. Ці обставини повинні враховувати конструктори при проектуванні захисних кожухів (рис.1.12). В протилежному випадку частини падаючого матеріала будуть вдарятися по кожуху, що приведе до шуму, до зносу і дробленню матеріала, що подається.

Гіпербола - лінія перетину прямого кругового конуса площиною, яка не проходить через вершину конуса і перетинаючою обидві його полості. Гіпербола - множина точок M (рис.1.13) площини, різниця (по абсолютній величині) відстані $r_1 = F_1M$ і $r_2 = F_2M$ яких до двох точок $F_1(-c, 0)$ і $F_2(c, 0)$ цієї площини (фокусів гіперболи) постійна: $|r_1 - r_2| = 2a < 2c$. Точка O — центр гіперболи. В прямокутній системі координат рівняння гіперболи має вигляд:

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

де $a = OA = OB$ і $b = OC = OD$ - довжини полуосей гіперболи.

Відомий російський інженер В.Г.Шухов розробив конструкції мачт, башт і опор (рис.1.14), складених з металевих балок, розташованих по прямолінійним твірним гіперболоїда, одержаного обертанням гіперболи навколо осі Y .

Еліпс - лінія перетину прямого кругового конуса площиною, що не проходить через вершину конуса і перетинає всі прямолінійні твірні однієї порожнини цього конуса (рис. 1.15). Для еліпса величина $r_1 + r_2 = 2a = const$ де $r_1 = F_1M$, $r_2 = F_2M$, F_1, F_2 - фокуси еліпса. Точка O називається центром еліпса.

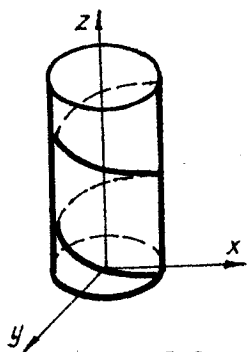


Рис. I.9

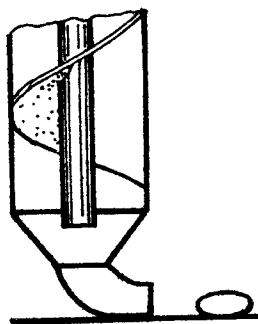


Рис. I.10

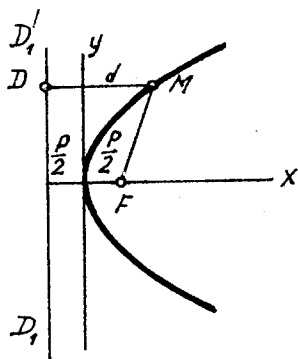


Рис. I.11

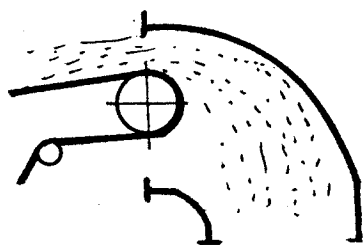


Рис. I.12

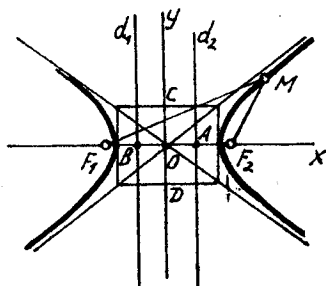


Рис. I.13

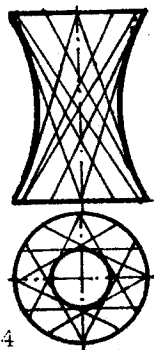


Рис. I.14

В прямокутній системі координат рівняння еліпса

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

де $a = OA = OB$, $b = OC = OD$ – довжини великої і малої півосей еліпса.

Ланцюгова лінія — плоска трансцендентна крива, форму якої приймає під дією сили ваги гнучка однорідна і нерозтягнута важка нитка, кінці якої закріплені (рис. 1.16).

Рівняння в прямокутних координатах:
$$Y = ach \frac{x}{2} = \frac{a}{2} (e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}})$$

Поверхня, утворена обертанням дуги ланцюгової лінії навколо осі OX , називається катеноїдом.

Ланцюгова лінія використовується в розрахунках, пов'язаних з провисанням дротів, тросів і т.д.

Задача 1.1.1. Я.А. Пономарьова. Задані чотири точки, розташовані в вершині квадрата. Треба провести через них три прямі неперетинаючі лінії, не відриваючи олівця від паперу, так щоб олівець повернувся в вихідну точку.

Задача 1.1.2. Як виміряти лінійні розміри розпеченої деталі?

Задача 1.1.3. Як розмістити переріз деталі складної конфігурації, наприклад, ушкодження площину?

§ 1.2. Об'ємні і поверхнісні геометричні об'єкти

До поверхонь відносяться плоскі і криволінійні поверхні, координати точок яких задовільнюють певному виду рівнянь.

$$\phi = (x, y, z) = 0 \quad (1.1)$$

Окремим випадком поверхні є поверхні другого порядку, координати точок яких в 3-мірному просторі задовольняють рівнянню 2-го степеню.

$$\begin{aligned} a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}xz + \\ + 2a_{23}yx + 2a_{14}x + 2a_{24}y + 2a_{34}z + a_{44} = 0 \end{aligned} \quad (1.2)$$

В залежності від виду рівняння можна виділити такі поверхні:

$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$	– еліпсоїд;
$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$	– однополосний гіперboloїд;
$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = -1$	– двополосний гіперboloїд;
$\frac{x^2}{p} + \frac{y^2}{q} = 2z \quad (p > 0, q > 0)$	– еліптичний параболоїд;
$\frac{x^2}{p} - \frac{y^2}{q} = 2z$	– гіперболічний параболоїд;
$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$	– еліптичний циліндр;
$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$	– гіперболічний циліндр;
$y^2 = 2px$	– параболічний циліндр;
$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2}$	– конус;

Циліндр або циліндрична поверхня – множина прямих (твірних) простору, паралельних заданому напрямку і проходячих через деяку лінію (направляючу).

Приклад: Для підтримання постійного натягу в швартових канатах передня грань несучої конструкції причалу має циліндричну поверхню з горизонтальною твірною і з радіусом кривизни, дорівнюючим довжині швартового канату (А.с. СССР №808577).

Приклад. В судні в носовій частині виконаний вантажний трюм з вертикальними стінами, який має форму циліндра (рис.1.17). При цьому зменшується маса зовнішньої обшивки, а також поліпшуються пропульсивні якості судна за

рахунок запобігання відриву потоку на його корпусі
(Заявка Японії №62139780).

Гвинтова поверхня — поверхня, яка описана плоскою кривою L , яка рівномірно обертаючись навколо осі OO' , одночасно виконує рівномірно-поступальне переміщення повздовж цієї ж осі (рис. 1.18). Якщо L лежить в площині осі обертання Z і визначається рівнянням $Z = f(U)$, то радіус — вектор гвинтової поверхні.

$r = \{U \cos V, U \sin V, f(U) + hV\}$, $h = \text{const}$ її лінійний елемент

$$ds^2 = (1 + f'^2)dU^2 + 2hf'dUdV + (U^2 + h^2)dV^2$$

Якщо $f = \text{const}$, то гвинтова поверхня є гелікоїд.

Якщо $h = 0$, то гвинтова поверхня — поверхня обертання.

Приклад. До початку якоря для піщаного ґрунту прикріплена гвинтова поверхня (заявка Франції №2450910).

Гелікоїд — гвинтова поверхня, яка описана прямою L , що обертається з постійною кутовою швидкістю навколо нерухомої вісі OO' , перетинає вісь руху під постійним кутом α і одночасно переміщується поступово з постійною швидкістю повздовж всієї осі (рис. 1.19). При $\alpha = \frac{\pi}{2}$ гелікоїд називається прямим або мінімальним. При $\alpha \neq \frac{\pi}{2}$ гелікоїд називається косим. Рівняння прямого гелікоїда в параметричній формі має вигляд

$$x = \rho \cos t, \quad y = \rho \sin t, \quad z = kt.$$

Приклад. Для виконання функцій пропульсивно-підтримуючого органа плавзасоба використовується обертаний гелікоїдальний поплавок (заявка Франції №2590227).

Стрічка Мьобіуса — поверхня, одержана при склеюванні двох протилежних сторін AB і $A'B'$ прямокутника $ABB'A'$

(рис. 1.20, а) так, що точки A і B суміщуються відповідно з точками B' і A' (рис. 1.20, б). Стрічка М'юбіуса являє собою геометричну поверхню, яка має тільки одну поверхню.

Приклад. На основі стрічки М'юбіуса виконано багато винаходів, в т.ч.:

– кантовувач листового і полосового матеріала (А.С. СССР №318422);

– перетворювач постійних сигналів в перемінні (А.с. СССР №405159, 427445);

– контактний струмозмінний пристрій (А.с. СССР №221079) для катушок з регулюючою індуктивністю;

– шліфувальні стрічки (А.С. СССР № 236278, 324137).

Більш докладно технічне використання стрічки М'юбіуса розглядено в [11], [12].

Конус або кінчна поверхня — множина прямих (твірних) простору, з'єднуючих всі точки деякої лінії (направляючої) з даною точкою (вершиною) простору. Якщо направляюча — пряма, то конус перетворюється в площину. Якщо направляюча — крива 2-го порядку, яка не лежить в одній площині з вершиною, то одержуємо конус 2-го порядку (рис. 1.21, а), де направляючою є еліпс. Простішим з конусів 2-го порядку є круглий конус або прямий круговий конус, направляючою якого є коло, а вершина ортогонально проєцирується в її центр. В геометрії круглим конусом називають геометричне тіло, обмежене поверхнею кругового конусу і площиною, яка містить в собі направляюче коло (рис. 1.21, б). Якщо перетнути конус другою площиною, паралельною до першої, то отримуємо зрізаний конус (рис. 1.21, в).

Приклад. Для відновлення спрацьованих залізничних шпал з сирової деревини виточують конусоподібну пробку. Заготовку відтискують в пресі до циліндричної і висушують, нагріваючи. Потім пробку вставляють в отвір основою донизу. Потім пробку заливають водою. Набухаючи, пробка приймає початкову форму і

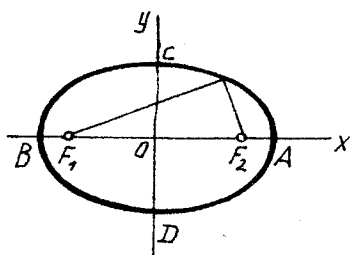


Рис. I.15

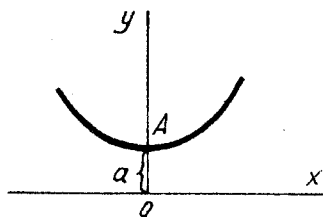


Рис. I.16

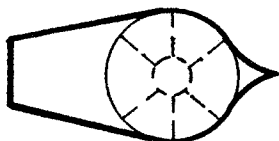


Рис. I.17

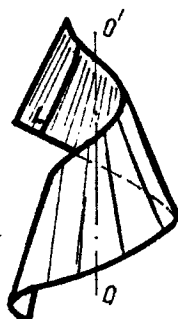


Рис. I.18

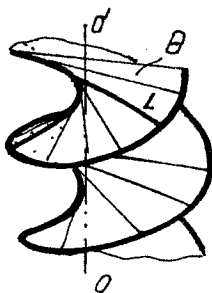


Рис. I.19

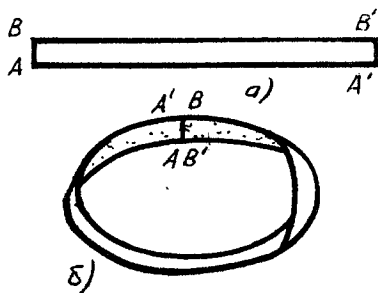


Рис. I.20

заклинюється в шпалі (А.с. СССР №765529) (рис. 1.21, а).

Приклад. Грунт ущільнюють шляхом перекатування двох масивних конусів, обернутих вершинами один до одного (А.с. СССР №907135).

МИ 0937 ИР 9/82

Приклад. Для більш щільного укладання канатів барабани лебідок пропонується виконувати конічними (А.с. СССР №712378).

Приклад. Для забивання пробойн в корпусі судна запропоновано використати гофровану конічну ступінчасту пробку (А.с. СССР №645900). Вода обов'язково притисне будь-який із гофрів до стінки корпусу з зовнішньої сторони.

Приклад. Щоб крига не затерла бурову платформу запропоновано на кожній її нозі, що стоїть на морському дні, встановити конуси-криголами, які обертаються і переміщуються знизу - доверху (А.с. СССР №1048041).

Приклад. Для вилучення окалини прокатну полосу пропускають через конічні валки з протилежною конусністю (А.с. №716662).

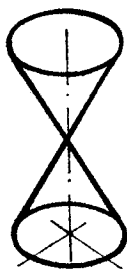
ИР 1980 №7 МИ 0719

Поверхнею постійної ширини називають таку поверхню, для якої відстань між кожними парами паралельних (опорних) дотичних площин однакова. На рис. 1.22, 1.23 показані дві фігури, які мають постійну ширину.

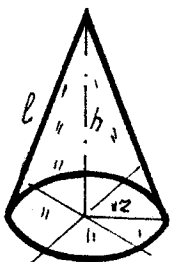
Фігура (рис. 1.22) утворена з трьох дуг кола, центри яких знаходяться в вершинах рівностороннього трикутника.

Фігура (рис. 1.23) постійної ширини має гладкий контур. Одержана шляхом подовження сторін рівностороннього Δabc за їх вершини на однакові відрізки і обмежена шістьма дугами кіл. Три дуги мають радіус R , а три інші — радіус r .

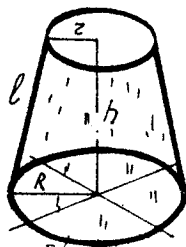
Куля — геометричне тіло, яке одержуємо при обертанні кола навколо свого діаметра. Куля є множиною точок, відстань



a/



б/



в/

Рис. 1.21

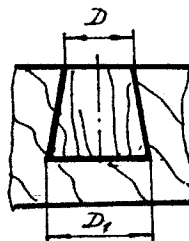
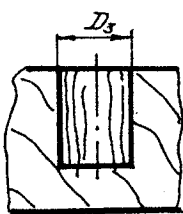


Рис. 1.21 а

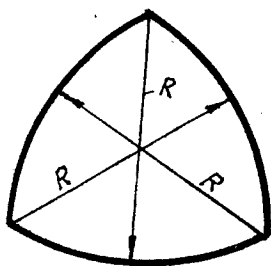


Рис. 1.22

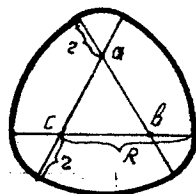


Рис. 1.23

яких від фіксованої точки O (центр кулі) не перевершує заданого радіуса R .

Приклад. Пружний елемент віброзахисної площадки виконаний у вигляді тенісних куль, розміщених між шарами піску. (А.с. СССР №1453098).

Приклад. В сталевій табі кулеподібної форми виконана зміщена до верхньої частини порожнина, заповнена дробом. (А.с. СССР №571608).

Приклад. Мелюче тіло для кульових млинів складається з куль, центр ваги яких розташований асиметрично (А.с. СССР №808141).

Приклад. Для з'єднання труб, стержнів і т.п. елементів для утворення площинних і просторових конструкцій запропонована з'єднувальна муфта. Муфта складається з чотирьох кульових сегментів з вирізами і двох болтів з гайками. При з'єднанні сегментів утворюється правильна сфера, в вирізи якої вкладаються трубки або стержні. Після з'єднання сегменти стягуються болтами.

Задача 1.2.1. Треба побудувати трикутник, площа якого в сім разів менша за площу заданого трикутника.

Задача 1.2.2. Запропонуйте конструкцію свердла для свердлення квадратних отворів.

Задача 1.2.3. В посудині з рідиною розміщені джерело ультразвуку і приймач. Ультразвук розповсюджується на всі боки, на приймач попадає лише незначна частина випромінювань, яка йде по прямій лінії "джерело-приймач" і частина коливань, випадково відбитих від стін посудини. Як підвищити ефективність пристрою?

Задача 1.2.4. Запропонуйте варіанти технічного використання геометричних фігур (рис. 1.24).

Задача Едісона 1.2.5. На безлюдному острові Вам потрібно зсунути с місця без будь-яких знарядь скелю вагою в три тони.

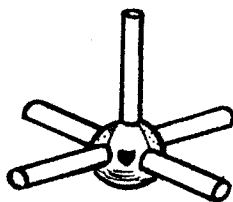
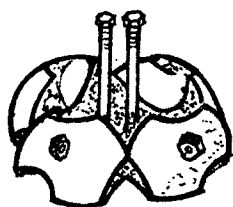


Рис. I.24

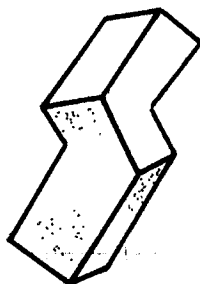
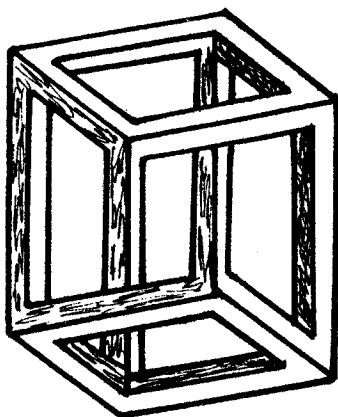
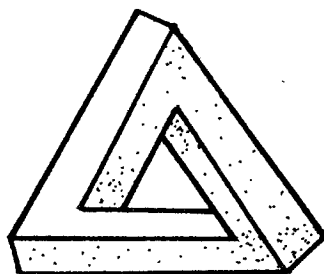
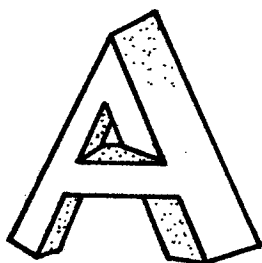


Рис. I.25

яка має 100 футів ширини і 15 футів довжини (1 фут \approx 30 см).
Ваші пропозиції.

Задача 1.2.6. З шістьох сірників треба побудувати чотири
рівносторонніх трикутники. Ламати сірники не можна.

Задача 1.2.7. Запропонуйте спосіб перерізів при стерео-
метричних дослідженнях трьохмірних тіл.

Задача 1.2.8. Як швидко визначити об'єм фігури складної
форми, зокрема, колби електричної лампочки?

Задача 1.2.9. Як поділити циліндр на 8 однакових частин
трьома розрізами?

Глава 2

ПЕРЕТВОРЕННЯ ФОРМИ ОБ'ЄКТА АБО ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ.

§ 2.1. Змінити форму шляхом скручення або вигину (використо-
вувати колову, еліптичну або спіральну форму, "ялинкову"
структуру в вигляді стрічки Мьобюса і т.д.)

Приклад. Для виключення нерівномірності підігріву свердло
виконано з окремого пучка волокон, скручених по формі зви-
чайного свердла і зварених по твірних. Між ними розташовані
капілярні канали, по яким наживлюється охолоджуюча рідина.
(А.с. ССРСР №13440926).

Приклад. Запропонована конструкція дротяного виводу у
вигляді зміненої літери **S** (рис. 2.1, а), яка дозволяє виводу
самозакріплюватися на своєму місці і не вимагає підтримки
пінцетом при монтажі. (А.С. ССРСР №566278). Вивід складається
з верхньої частини 3, упорної дільниці 4, верхнього гребня 2,
похилої ділянки 1, нижнього гребня 5 і вставної західної
частини 6. Дільниці 4,5 створюють замок (рис. 2.1, б).

Приклад. Інструмент виконаний з навитого в спіраль дроту,
в торцеві витки якого вмонтовані алмазні зерна
(А.с. ССРСР №965789). Зручний для обробки глибоких глухих
отворів.

Приклад. Модульні елементи навскрізних хвилезахисних споруд виконані в вигляді штучних рифів у формі спіралей різного типу (циліндричних, конічних і т.д.) (заявка Франції №2531987).

Приклад. В зварювальному пальнику при плавіці неплавким електродом в середовищі захисного газу, електрод виконаний у вигляді соленоїдної спіралі (А.с. СССР № 1094688). Повздовжнє магнітне поле, яке виникає при проходженні по електроду зварочного струму, припиняє блукання дуги, перемішує розпечений метал. Крім того, електродна спіраль закручує потік захисного газу на виході з сопла, і він захоплює більш широку зону. Підвищується якість зварки.

Приклад. Нульовий реактивний опір реального провідника забезпечується шляхом створення в ньому режима резонанса, однак відповідно пат. США №3953679 опір з нульовою реактивністю має провідник, виконаний в формі стрічки Мьобіуса.

§ 2.2. Застосування пористих матеріалів

Виконати об'єкт пористим або використати додаткові пористі елементи (вставка, покриття і т.д.). Використати речовини з багатьма отворами, порожнинами і т.д. Використовувати капілярно-порожністі матеріали (КПМ). Якщо об'єкт виконаний порожністим або з багатьма капілярами, то заповнити шпари або капіляри будь-якою речовиною, рідиною або газом. Використовувати матеріали з керованими стінками капілярів.

Капілярно-пористі матеріали використовуються для поглинання рідини, розділення сумішей; фільтрування; дозування; керування потоками рідин і газів; подачі змащування, охолоджуючої рідини і т.д., інтенсифікації процесів, які йдуть на поверхні тіл [6].

Приклад. В газовому пальнику капілярно-пористий матеріал

пропускає гарячий газ і тепло, але затримує відкрите полум'я (А.с. СССР №737706).

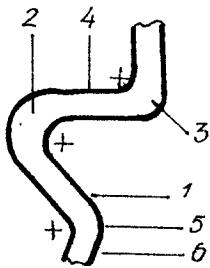
Приклад. Пристрій з металогуми генерує низькочастотні коливання в гідропульсаторі (А.с. СССР №498530).

Приклад. Для зварювання плоских виробів, наприклад, листів алюмінію з сталевими пластинами поверхня алюмінію обробляється так, щоб в ній утворився ряд поздовжніх (каплеподібних в плані) виступів. Відповідно в сталевій заготовці фрезеруються канавки зворотнього профілю (рис.2.2). Потім "бутерброд" пресується. При цьому матеріал виступів заходить в пази і деформується. Одержуємо міцне і надійне з'єднання. ("Техника и наука". -1983.-№ II.-с.29).

Приклад. Для зменшення турбулентного руху тертя рухомого об'єкта на його поверхні 1 виконані поздовжні канали 2 колового або квадратного перерізу, які паралельні до напрямку зовнішньої течії і пов'язані з виникаючим на поверхні суміжним шаром через поздовжні прорізи 3 (рис. 2.3). (Заявка ФРГ №3522943).

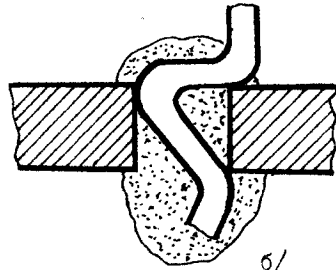
Приклад. Для з'єднання гребного вала судна зі ступицею гвинта, в валі зроблений паз, в якому розміщена еластична порожня ємкість (вузький "повітряний мішок"). Якщо в цю ємкість подати стисле повітря, вона розбухне і притисне ступицю до вала. (А.с. СССР №313740).

Задача 2.1. Запропонуйте конструкцію болта, який надійно працює в умовах вібрації і трясіння.



a/

Рис. 2.1



б/

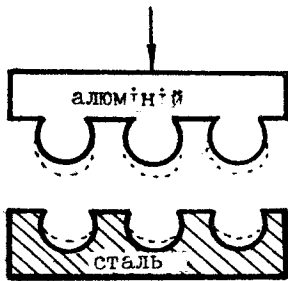


Рис. 2.2

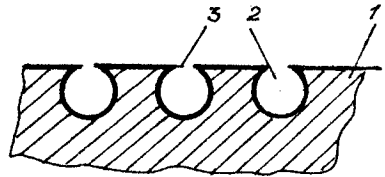


Рис. 2.3

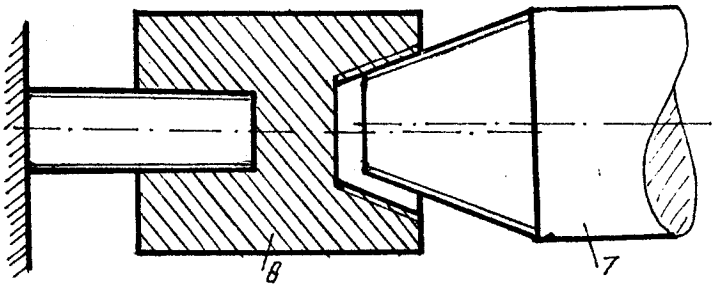


Рис. 2.4

§ 2.3. Перевірити відповідність форми об'єкта законам симетрії.

Перейти від симетрії форми і структури до асиметричної.

Інверсія способу.

“Симметрия является той идеей, посредством которой человек на протяжении веков пытался постичь и создать порядок, красоту и совершенство”.

Г.Вейль.

Технічний об'єкт (ТО), який використовує дію середовища у вигляді потоку речовини, енергії або інформації, має певний тип симетрії, обумовлений комбінацією і характером цих потоків.

Для основних типів симетрії є два закони симетрії ТО [2]. Закон двосторонньої симетрії. Кожний ТО, який випробовує дію потоків середовища (в вигляді речовини або енергії), які знаходяться під кутом один до одного, має симетрію типу “ n ”, а площина симетрії паралельна напрямку векторів дії потоків.

Закон осьової симетрії.

Кожний ТО, який випробовує суттєву однонапрямкову дію середовища, має симетрію (n) або ($n \times m$) з віссю симетрії, паралельною дії середовища.

Кожний ТО, який випробовує вертикальну дію сили ваги і плоскопаралельну дію середовища, має симетрію “ n ” або “ nm ” типів з вертикальною віссю симетрії.

Кожний ТО, який випробовує рівномірний розподіл з усіх сторін (ззовні або зсередини) плоскопаралельною дію середовища, має симетрію “ n ” або “ nm ”, ($n : m$), ($n \cdot n : m$) з віссю симетрії, перпендикулярною дії середовища.

Прикладами ТО, які мають симетрію типа “ m ” – морське або річкове судно, типа “ n ” – гребний гвинт, типа “ $n \cdot m$ ” – гайка; ($n : m$) – вертушка анемометра, типу ($n \cdot n : m$) – вал змінного перерізу.

Приклад, елементи 7,8 в різьбових з'єднаннях (рис.2.4) мають кінчну зовнішню і внутрішню різьбу, осі яких при зборці співпадають або змішені на деяку величину g і розташовані паралельно (Заявка ЕВП №0222035).

Приклад. В вібробуджувачі (А.с. ССРСР №381416) дебаланс посажений на вал вільно, а посадочна шайба виконана з великим ексцентриситетом (рис.2.5). Електродвигун запускається практично вхолосту, тому що дебаланс прослизав, а при досягненні певної частоти обертання дебаланс з валом обертаються як одне ціле.

Приклад. Для збереження берегового відкосу від розмиву і осадження піска повздож берега по пат. США №4439058 пропонується використовувати асиметричні штучні водорості.

Приклад. Сходинки судового внутрішнього трапа встановлені в шаховому порядку: один ряд для правої ноги, другий для лівої (пат. ССРСР №1026646).

Приклад. В рухівному комплексі гребний гвинт-насадка, насадка розташована ексцентрично відносно гребного гвинта, що забезпечує рівновагу динамічних навантажень і сприяє зниженню вібрації судна. (Пат. ГДР №1386634) (рис. 2.6 а).

Задача 2.2. Запропонуйте спосіб підвищення пропускної здатності воронки, наприклад, при заправці автомобілей, літаків, танкерів паливом.

Задача 2.3. На рис. 2.6 б задані дві несиметричні фігури, які так чи інакше можна поділити на дві однакові симетричні частини. Спробуйте зробити це [10].

§ 2.4. Перейти від прямолінійних частин, плоских поверхонь кубічних і багатогранних форм (особливо в місцях спряжень) до криволінійних, сферичних і обтікаючих. Інверсія засобу.

Приклад. Кутовий відображувач (Пат. ФРГ №3545096) має форму $1/8$ кулі.

Приклад. В рухівно-рульовому комплексі демпфіруюче з'єд-

нання гребного гвинта з валом вміщує концентрично спряжені втулки 2.3, розташовані між циліндричним кінцем гребного вала з конічним відводом ступиці 1 гребного гвинта (рис.2.7). При цьому зовнішня поверхня внутрішньої втулки 2 має конусність, відповідну конусності отвору в ступиці. Втулка 2 насаджується на вал за допомогою шліцевого з'єднання, а втулка 3 втискується в кільцевий простір між втулкою 2 і отвором в ступиці за допомогою преса (Заявка Японії №61-166798).

§ 2.5. Об'єкту (елементу), працюючому під навантаженням, придати опуклу (більш опуклу) форму.

Приклад. Заміна шпоночно-пресового з'єднання на РК-профільне (рис.2.8) підвищує надійність за рахунок підвищення витривалості валів, зменшення в з'єднанні "вал-зубчате колесо". (А.с. СССР №931400; "Техника и наука". - 1983. - №2. -с.27).

Приклад. Плавучий Кранець (Заявка ФРГ №280640) виконаний з порожнього циліндричного стержня і оболочки, яка оточує з усіх сторін стержень. Стержень виконаний порожнистим і складається з суміші гранульованої пробки або подібного за властивостями матеріала і гуми або пластмаси. В робочому положенні кранець може бути стиснений на 50% відносно своїх початкових розмірів.

Приклад. В вантажному стробі для підвищення його пружності міцності металева стрічка виконана вигнутою по всій довжині по синусоїді. (А.с. СССР №640954).

Приклад. Запропонований шуруп, кінчна частина якого виконана з трикутним перерізом і заокругленими кінцями. За думкою авторів, це допомагає краще утримувати шуруп в деталях і полегшує його вгвинчування (рис. 2.9).

Приклад. Бокова поверхня 1 (рис. 2.10) судового руля має опукло-ввігнутий профіль, утворений кінцевими частинами 2.3 еліптичної форми, плавно спряженими з ввігнутою середньою частиною 4м і маючими змінний профіль в поперечному перерізі

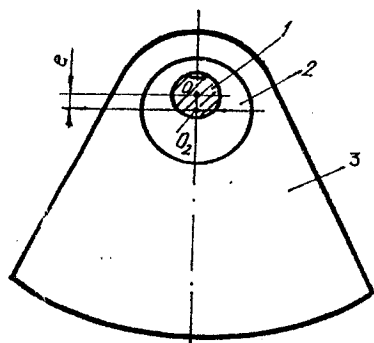


Схема дебаланса, що вільно обертається:
 1-вал; 2 - втулка; 3-дебаланс;
 d - вісь обертання вала; d_2 -геометричний центр втулки

Рис.2.5

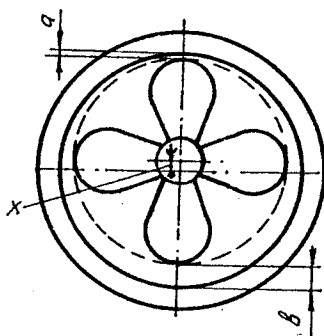


Рис. 2.6а

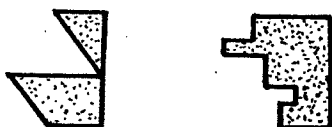


Рис. 2.6б

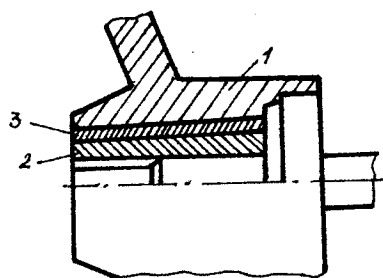


Рис. 2.7



Рис. 2.8

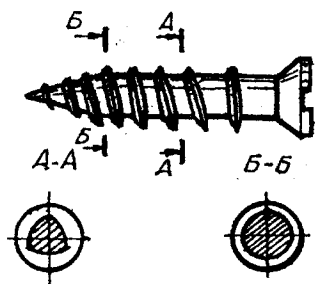


Рис. 2.9

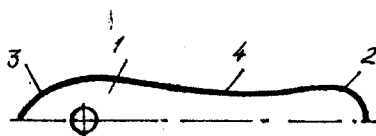


Рис. 2.10

(Пат. США №4592299).

Приклад. Морська плавуча споруда (рис.2.11)

(Пат. США №4571125) має корпус з заокругленими обводами для виключення можливостей його затиснення серед криги і овальної в плані формою робочої палуби.

§ 2.6. Зробити раціональний (оптимальний) розкрій листового або об'ємного матеріала. Вести зміни в форму деталей для більш повного використання матеріала.

Приклад. Корпус судна формують з плоскої заготовки (рис.2.12). Для утворення корпусу заготовку вигинають в діаметральній площині і складають таким чином, що утворюються днище і борти корпусу. (Заявка Данії №151863).

Приклад. Корпус судна або його частину виготовляють з тонких листів міцного, але гнучкого матеріала. Заготовки вирізають з плоских листів, передбачаючи при їх розкріі клинові і дугові вирізи, утворюючи після вигинання заготовки в об'ємну форму корпусу, по яким потім виконують з'єднання кромки. (Заявка Франції №2430348).

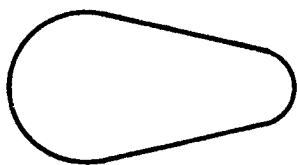
§ 2.7. Використати періодичні зміни форми в просторі або в часі.

Приклад. Забортна вода забивая пробойну в корпусі судна, якщо в неї просунута гофрована конічна ступінчаста пробка (А.с. ССРСР №645900). Вода обов'язково притисне будь-який з гофрів до стінок корпусу з зовнішньої сторони.

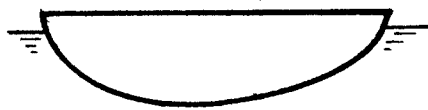
Приклад. Для кріплення рухомої техніки на судах розміщують цю техніку на палубі на прокладках з еластичного матеріалу, які прикріплюють до палуби судна. При цьому прокладки розташовують на палубі судна з інтервалом, який дорівнює кроку опорних елементів рухомої техніки (А.с. ССРСР №1245497).

§ 2.8. Метод аналогій.

2.8.1. Виконати об'єкт (елемент) в формі другого техніч-



а)



б)

Рис. 2.11

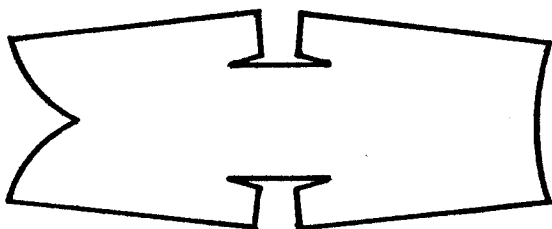


Рис. 2.12



Рис. 2.13

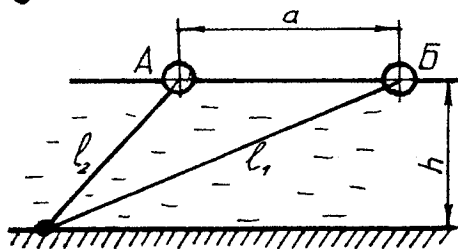


Рис. 2.14

ного об'єкта, який має аналогічну назву або призначення.
Приклад. Вітрило виконано з авіаційним профілем змінної кривизни (Заявка Франції №2431425).

2.8.2. Виконати об'єкт (елемент) в формі другого людського об'єкта, який має аналогічне призначення: тваринного, рослинного або їх органа.

Основними формами живих організмів є спіраль, клубок, п'ятикутник, "труба", "дерево", "зірка". Ці форми повторюються на різних рівнях організації, тому що відповідали вимогам метаболізму, самовідродження, оптимальності з точки зору біоенететики пристосування до середовища [3].

Найрозповсюдженішою формою у Всесвіті є спіраль. Спіраль - це незамкнена геометрична крива, яка окреслюється навколо точки, постійно відділяючись від неї.

Існують різні види спіралей в залежності від зміни радіуса-вектора при варіюванні кута повороту: архімедова, логарифмічна.

За спіралями Архімеда закручені мушлі деяких головоногих молюсків. Логарифмічна спіраль розгортається швидше ніж архімедова спіраль і тому вона більш розповсюджена в живій природі. Таку форму мають диск соняшника, капілярні лінії на пальцях людини, розташування луски в соснових шишках і т.д. Спіральна форма допомагає руху змії, черв'яка, щільно "зшиває" з'єднувальні тканини і т.д. Найбільш розповсюджена в живій матерії молекула ДНК має форму тонкої подвійної спіралі.

Кругла (сфероїдальна) форма має малу поверхню при великому об'ємі, енергетичне дуже вигідна, може легко трансформуватися в еліпсоїд, циліндр або конус. Таку форму мають клітини, деякі водорості, яблука та інші плоди, морські їжаки, яйця ряду організмів, бактерії і т.д. Приблизно сфероїдальну форму мають планети. Однак сфероїдальна форма не є самою розповсюдженою із-за неоднорідності і змінності зовнішнього середовища.

Трубочаста форма в живих організмах пов'язана з двома

важливими функціями - транспортною (різні сосуди в організмах, нерви і т.д.) і опорною (різні тканини, стеблі рослин, стовбур бамбука і т.п.).

Деревовидну структуру має звичайне дерево, системи постачання організма кров'ю і їстівними речовинами. Пелістки квітів для запобігання затемнення один одним розгалужуються подібно гілкам дерева. Різноманітністю деревовидної структури є "зірка", яка характеризується розгалудженням в різних напрямках від одного центра. Форму "зірки" мають деякі водорості, квіти, червоні кров'яні тільця, морські зірки.

Форми живих організмів можуть служити прототипом створення нових технічних рішень.

Наприклад, вивчаючи закони руху і маневрування великих морських тварин спеціалісти встановили, що гостра носова частина морського судна гірша за грушовидну, що нагадує голову кита. Тому майже всі нові пароплави стали будувати з округленим носом, а польські інженери-суднобудівельники запатентували приставний корабельний ніс, який можна тимчасово або постійно змонтувати на кожному судні старої форми. Такий пристрій збільшує швидкість судна приблизно на 12% при тій самій потужності двигуна і поліпшує його маневреність.

Інженер Баликов Г. виявив, що перепонки на лапах водоплаваючих птахів використовуються як для плавання, так і для польоту. Розганяючись перед взльотом качки і інші водоплаваючі птахи ставлять лапки в воді так, щоб ті "працюючи", як підводні крила, допомагали птахам відірватися від поверхні води. При плаванні качки, одна її розчепірена лапка звершує відштовхування, друга - послаблено волочиться складеною. Такий принцип руху лапок був основою для створення нових ласт. (А.с. СССР №506423).

Шведські інженери розробили кран для навантаження і розвантаження паперових рулонів, який працює

“по-принципу осьминога”. Замість механічних захватів використані вакуумні грейдери, які присмоктуються до рулонів.

В Японії розроблений рибоподібний двигун (Пат.Японии №57-61637). Відповідно заявки ФРН №2743323 запропоновано використати махаюче крило в якості активного бортового руля для вимірювання хитання. Катер в носовій частині днища має відвід, близький по обрису до крила чайки (рис.2.13).(Заявка Франції №2597825).

§ 2.9. Використати в аналогічних умовах роботи природний принцип формування в живій або неживій природі.

Приклад. Розроблюється мікросхема, структура якої імітує структуру нейтронної сітки людського мозку (“Химия и жизнь”. - 1987. - №12. - с.94).

“Если машина должна выполнять все человеческие действия, пишет А.Азимов, — то ей действительно лучше придать форму человека. Дело не только в том, что форма человеческого тела приспособлена к окружающей среде - техника, созданная человеком, в свою очередь, приспособлена к формам его тела... Иначе говоря, робот, имеющий форму человеческого тела, наилучшим образом “вписывается” в мир, создавший человека, а так же в мир, созданный человеком. Такая форма способствует его “идеальности” [4].

§ 2.10. Замінити об'єкти їх оптичними копіями (зображеннями), використати зміни масштаба зображення. Перейти від видимих оптичних копій до інфрачервоних, ультрафіолетових і інших зображень.

Одного разу перед Г.Галілеєм постала задача порівняння площі арки циклоїди з площею утворюючого її кола. Для її вирішення Галілей запропонував оригінальний спосіб: вирізавши круг і арку циклоїди з цупкого паперу, він зважив їх і встановив.

що арка приблизно в три рази важча за круг. Відповідно, її площа також приблизно в три рази більша. Тільки через декілька років французький вчений Ж. Рубельвал розрахував, що площа арки циклоїда в три рази більша площі кола. Той же метод застосував геофізик Э.Галлей для визначення площі англійських графств, зваживши їх вирізані з карти зображення.

Приклад. Для контролю геометричних розмірів об'єктів їх розташовують поряд і з допомогою дзеркальної системи накладають зображення об'єктів одне на одного. Різниці в порівнюваних об'єктах позначаються мигтінням відповідних деталей об'єкта. (Пат. США Ю744917).

Приклад. В японському патенті №44-18112 порівняння зображень утворюється шляхом їх накладення, причому одне з зображень робиться негативним, а друге - позитивним.

§ 2.11. Дорогий довговічний елемент замінити дешевим, недовговічним.

Приклад. Для вимірювання глибини річки з літака скидають в річку систему з якоря, до якого прикріплені на нитках l_1, l_2 ($l_1 \neq l_2$) два поплавки **A, B** (рис. 2.14). До одного з поплавків прикріплена масштабна рейка. Фотографуючи зверху розташування поплавків **A, B** і знаючи значення величини a , визначають глибину річки h за формулою

$$h = \frac{1}{2a} \sqrt{4a^2 l_2^2 - (l_1^2 - l_2^2 - a^2)^2}$$

(А.с. СССР № 180815). При цьому повинна виконуватись умова $l_1 > h, l_2 > h$. Для підвищення точності вимірювання глибини річки відношення довжин ниток $l_1: l_2$ вибирається як 5:3

(А.с. СССР №1203361)

ПЕРЕТВОРЕННЯ В ПРОСТОРИ

§3.1. Замінити традиційну орієнтацію об'єкта (елемента) в просторі на протилежну

Наприклад:

горизонтальне положення на вертикальне або похиле:

покласти на бік:

повернути догори;

обернути навколо вертикальної осі.

У XIX-му столітті для освітлення використовували електричну дугу, яка виникає між горизонтально розташованими вугільними електродами. В міру згорання електроди необхідно було зближувати, щоб дуга працювала тривало. Для регулювання відстані між електродами був необхідний спеціальний механізм або оператор.

Для стабілізації відстані між електродами Яблочков поставив електроди паралельно. Для того, щоб дуга не ковзала по корпусах електродів вниз, весь простір між електродами був заповнений керамічною плавкою речовиною.

При експлуатації світильників на постійному струмі було помічено, що один з електродів обгоряє швидше другого. Для забезпечення рівномірного обгорання електродів Яблочков запропонував виконувати електроди різного діаметра (різної товщини).

Приклад. Для збільшення тривалості і несучої здатності стіни, цеглини кладуть на "попа" (А.с. СССР №815209).

Приклад. Для зберігання зимового запасу деревини на воді, деревину формують в пучки, які встановлюють на екваторії рейда у вертикальному положенні (А.с. СССР №236318). Збільшується питома ємкість екваторії і зменшується об'єм промерзлої деревини.

Приклад. Плавучий хвилеріз

(Заявка Великобританії №2171062) (рис.3.1) має похилу стінку 4 в вигляді сталеві пластинки і камери плавучості 8 і 10, які дозволяють конструкції утримуватися на плаву. Похила стінка на більшій частини занурена у воду і нахилена до поверхні спокійної води під кутом, приблизно рівним 30°. Заглиблення і нахил до горизонту плавучого хвилерізу досягається за допомогою баластування камер плавучості і закорювання направляючої грані 4 з використанням якірних ланцюгів 22.

§3.2. Використати “порожній простір” між елементами об’єкта, один елемент проходить скрізь порожнину в другому елементі

Приклад. В пружині (А.с. ССРСР №1190110) (рис.3.2) витки більшого діаметра чергуються з витками меншого діаметра. При повному стискуванні вона займає в два рази менше місця ніж циліндрична з тим самим числом витків.

Приклад. Кузов самоскида - напівпричепа зроблений з двох частин, які телескопічно входять один в один (А.с. ССРСР №712309).

Приклад. По принципу телескопічної антени роблять риболовні вудки, указки для лекторів, ручки парасольок. В НДР створили за таким методом блочний дім, секції якого входять одна в одну (“Техника и наука”. - 1983. - №11. - с.28).

§ 3.3. Об’єднати відомі окремі об’єкти (елементи) з розміщенням один в середині другого; один елемент за принципом “матрьошки” розміщується всередині другого, який, в свою чергу, знаходиться всередині третього і т.д.

Приклад. Ресору запропоновано вбудувувати безпосередньо в колесо, вклавши в нього петлями металевий багатожильний трос (А.с.№981019).

Приклад. В конструкції ввода для гнучких кабелів (Заявка ФРГ №3409988) передбачені дві втулки, перша з яких

ввертається в корпус обладнання, а друга ввертається в першу втулку. При цьому за рахунок стиску пружного кільця забезпечується фіксація кабеля після його підключення до обладнання.

Приклад. Для вигинання тонкостінних труб без утворення складки, треба ввести в середину труби, що вигинається оправку з притиснутих один до одного пружних кілець, розділених металевими шайбами (А.с. СССР №727270).

Задача 3.1. Запропонуйте спосіб захисту труб від розриву при заморожуванні води.

§ 3.4. Розміщення по одній лінії замінити розміщенням по декільком лініям або по площині. Інверсія прийому.

Приклад. Сепаратор шарикопідшипника (Пат. США №4653938) має спеціальні гнізда під шарики. Гнізда 42, 44, 46 мають трикутну форму з заокругленими вершинами (рис.3.3). Вони розташовуються по колу орієнтованими належним чином. В процесі експлуатації шарик 52 в одному з гнізд, зміщуючись в навколишньому напрямку, контактує з однією з стінок 48. Це призводить до зміщення шарика відносно дорожок качання кілець. Реактивна сила зміщує шарик від попереднього місця його контакту зі стіною гнізда сепаратора. Отже, зношеність гнізда сепаратора в місці контакту з шариком розподіляється по більшій поверхні, що збільшує довговічність сепаратора.

Приклад. Для підвищення працездатності і стабільності момента тертя сферичних опор з плоским під'ятником запропоновано сферичний центр п'яти зміщати відносно осі її обертання (рис.3.4). Виробітка під'ятника при цьому відбувається не по точці, а по кільцю.

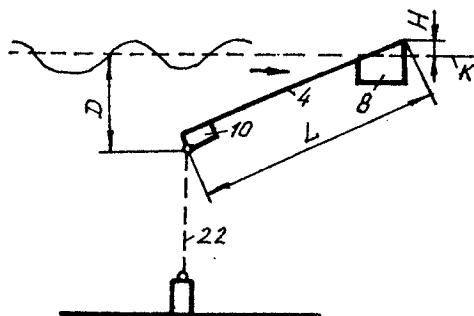


Рис. 3.1

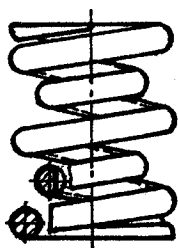


Рис. 3.2

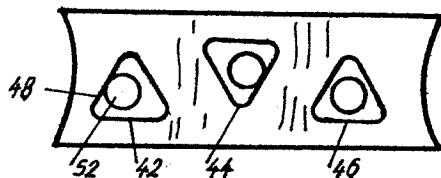


Рис. 3.3

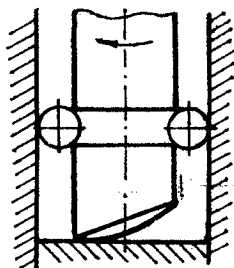


Рис. 3.4

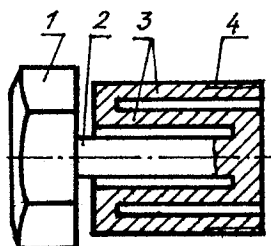


Рис. 3.5

§ 3.5. Замінити розміщення по площині розміщенням по декількох площинах або в трьохмірному просторі; перейти від одноповерхової (одношарової) компановки до багатоповерхової (багат шарової). Інверсія прийому.

Приклад. Для зменшення напружень, виникаючих в конструкціях болтів при ударі, підвищують їх здатність до пружної деформації. Для цього частину болта між головкою і різьбою виконують наче телескопічною (рис.3.5). Площі поперечного перерізу всіх елементів рівновеликі.

При динамічному навантаженні, наприклад від розтягуючого удару, непарні елементи болта (починаючи від центрального) будуть випробувати розтягуючі навантаження, а парні – стискаючі. Деформація всього болта буде дорівнювати сумі повздовжніх деформацій його елементів.

Приклад. В змішувачі (А.с. СССР М74351) немає жодної рухомої деталі. Камера змішувача виконана в вигляді лабіринта, з якого продукти не можуть вибратися, не змішувачись..

Приклад. Для поліпшення звукоізоляції приміщень на судні виконують отвори, зміщені один відносно одного, з'єднані лабіринтним каналом в судовій обшивці (А.с. СССР №1028552).
МИ 0829

НЕЗВИЧНА ЧЕРВ'ЯЧНА ПЕРЕДАЧА винайдена в Іжевському механічному інституті (автори В.І.Гольдфарб і І.П. Несмелов). Черв'ячне колесо виконане в вигляді кільця і контактує з черв'яком своєю внутрішньою поверхнею одночасно в двох зонах. При зменшенні габаритів передачі підвищується навантажувальна здатність і ККД (А.с. №806935).

§ 3.6. Змінити напрямок дії робочої сили або середовища.

Приклад. Приводний барабан для стрічкового конвейера зроблений з хвилевою поверхнею. Тому транспортна стрічка, огинаючи його, деформується і сама, очищується від матеріалів що налипають ("Техника и наука". – 1982. – №3. – с.17).

Приклад. Для зменшення хвильового опору частина носового бульба розташована нижче основної площини і плавно спряжена з днищем на ділянці СД (1). При цьому $0,05d_1 \leq d_2$; $10d_2 \leq l$ (Заявка Японії № 6234888) (Рис. 3.6).

Приклад. При буксировці плота гнучкий анкер встановлюють і закріплюють в його центрі (А.с. СССР № 742317). При буксировці рятувальних плотів місце кріплення тросу розташовують на кормовій стороні плоту. Потім трос проходить під днищем плота так, що при буксировці нова частина плоту підіймалась над водою (Пат. ГДР №138961).

Приклад. Для розтягування арматури при створенні передчасно напруженої конструкції розтягувальною силою буде власна вага конструкції (А.с. СССР №635204).

§ 3.7. Перейти від контакта в точці до контакта по лінії від контакту по лінії до контакту, по поверхні, від контакту по площині до об'ємного (просторового). Інверсія прийому.

Приклад. В електроконтактній парі (А.с. СССР №1233231) для зменшення величини перехідного опору збільшують число точок, що дотикаються до штиря з контактним елементом гнізда, яке виконане в вигляді спіралі, витки якої взаємодіють зі штирем. Спіраль виконана плоскою, а її вісь симетрії розташована перпендикулярно осі зчленування.

Приклад. Недоліком існуючих якірних ланцюгів є контакт в одній точці між ланками традиційної форми при натягнутому якірному ланцюгу. Для виключення вказаного недоліка ланка (рис.3.7) (Пат. Англії № 1574440) має постійну ділянку 4, вигнуті ділянки 2,3. При цьому ділянка 2 виконана з плоскою внутрішньою поверхнею II і більш масивною, ніж ділянка 3, для зменшення напруг, що викликані вигинаючими моментами. При натягу контакти між ланками здійснюються по плоскій циліндричній поверхні.

Приклад. По А.с. СССР №586234 трамбовка виконана в

вигляді конічного диска. Працює перевалюючись з боку на бік, накочуючи ґрунт. Відсутні шум і шкідливі коливання.

Приклад. Зрізаний двома площинами конус, перекочуючись своєю твірною по копаному ґрунті, залишає втрамбованим не круглий, а квадратний майданчик. Це дозволяє без вібрації ущільняти, наприклад, бетон в прямокутних формах (рис. 3.8) ("Изобретатель и рационализатор". - 1982. - №10. - С.19).

§ 3.8. Здійснити спряження по деяким поверхням

Приклад. Різець, що обертається, одночасно обробляє дві деталі (А.с. СССР № 1127690).

Приклад. Ключ до круглих гайок, виконаний в вигляді конусного накінецьника з приводом (А.с. СССР №476155).

Приклад. В пресовому з'єднанні для виключення задирів вал в місці з'єднання виконаний конусним на величину натяга (рис.3.10) ("Изобретатель и рационализатор". - 1982. - №11. - С.17).

Глава 4.

ПЕРЕТВОРЕННЯ СТРУКТУРИ

§ 4.1. Виключити елемент при збереженні об'єктом всіх попередніх функцій. Один елемент виконує декілька функцій, завдяки чому відпадає необхідність в інших елементах. Забрати "зайві деталі" навіть при загубленні "одного процента ефекта"

Реалізація цього принципу на практиці призводить до створення універсальних об'єктів, які мають численні властивості. Дані властивості об'єктів можуть проявитися [5]:

- в будь-якій області його існування (наприклад, простору, часу, області функціонування);
- при знаходженні в якомусь іншому фазовому стані (наприклад, твердому, рідинному, пароподібному або в стані плазми),
- при будь-яких значеннях параметрів об'єкта (наприклад, при таких значеннях параметрів, коли в об'єкті існує режим

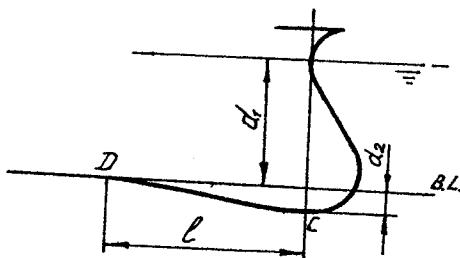


Рис. 3.6

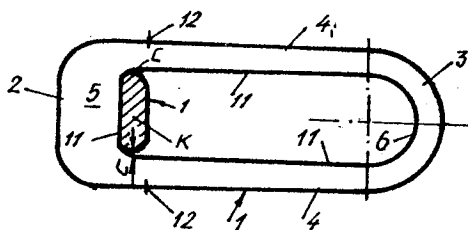


Рис. 3.7

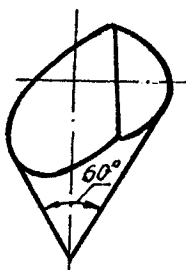


Рис. 3.8

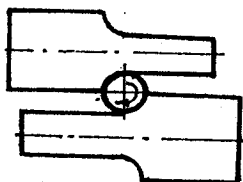


Рис. 3.9

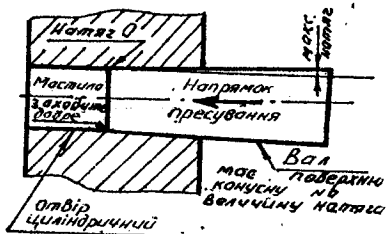


Рис. 3.10

резонанса);

– при будь-яких зовнішніх діяннях (наприклад, тиску, вібрації, температурі),

– при спільній дії об'єктів і(або) елементів (наприклад, хімічна реакція);

– при спільній дії всіх вищеперерахованих факторів.

Приклад. В оптичній системі для навігаційного маяка в якості джерела випромінювання використовується вихідний отвір світловода (Заявка Англії № 2040490).

Приклад. Радіально-тривкий однорідний шарикопідшипник виконаний без внутрішнього кільця. Тривка доріжка качання виконується на валу (Заявка Швеції №439048).

(РЖ Mash.mat., 1986, 4.48.435).

Задача 4.1. Запропонуйте нове застосування кульок від шарикопідшипника.

§ 4.2. Замінити зв'язки (спосіб або засіб з'єднання) між елементами, жорсткий зв'язок зробити гнучким і навпаки.

В машинознавстві під зв'язками розуміються різного виду з'єднання, які розділяються на нероз'ємні (з'єднання з гарантованим натягом, заклепкові з'єднання) і роз'ємні з'єднання. До роз'ємних з'єднань відносяться безрізьбові (шпоночні з'єднання, клинові і штифтові з'єднання, з'єднання з допомогою кільця і втулок, замкові з'єднання), різьбові і інші з'єднання (в т.ч. шарнірні).

Приклад. Для підйому немагнітних металевих предметів з дна моря запропоновано використати в якості "клею" термітну суміш, яка зварює предмет з пристроєм, що підіймає (Пат. Англії №1446959).

Приклад. Для скріплення деталей пайкою, одну з деталей, що зпаюють, труть до тих пір, поки обидві деталі не нагріються і припой не розплавиться. (А.с. ССРСР №596390).

Приклад. Зубчате колесо виконано з регулюючим діаметром

(А.с. СССР №848826). При цьому обод виконаний розрізним.

Задача 4.2. Запропонуйте конструкцію безлюфтової зубчатої шестерінчастої передачі.

§ 4.3. Замінити механічну схему електричною, тепловою, оптичною або електронною.

Приклад. Магнітна гвинтова передача (А.с. СССР №1219850).

Приклад. Для контролю стану підшипників качення вимірюється кількість імпульсів струму за задану кількість обертів підшипника, що випробовують. (А.с. СССР № 1174814).

Приклад. Для виключення послаблення болтового з'єднання при від'ємних температурах запропоновано шайбу робити з двох половин, на одній з них кільцевий паз, а на другий виступ, а простір між виступом і пазом заповнений рідиною, яка розширюється при від'ємних температурах (А.с. СССР №1133083).

§ 4.4. Вивернути форму “навиворіт” або змінити навпаки традиційну форму

Приклад. Корпус судна, зшитий з двохшарових оболонок, вивертають навиворіт і заливають між шарами полімерний матеріал (А.с. СССР №787251).

§ 4.5. Компенсувати небажану форму складанням з зворотньою за обрисом формою

Приклад. Строп для підймання вантажів і виробів складається з двох полів 1, 2, частково вигнутих С-подібно (рис.4.1). Ці полоси складені так, що їхні вигини утворюють кільця. При розтягуванні кожне кільце само пружинить, розтягаючись і стискаючись в межах пружності сталі (А.с. СССР № 1082747). Не треба додаткових амортизаторів.

§ 4.6. З'єднати однорідні або призначені для суміжних операцій об'єкти

Приклад. В гвинтовому механізмі (А.с. СССР №264081) на гвинті нарізані декілька різьб з різними кроками. При обертанні такого гвинта, гайки, зафіксовані від провертання, переміщуються з різними швидкостями.

Приклад. Модель розбурханого моря виконана з пінопластових кульок, покритих чорним лаком. Гідродинаміку морського зйбу вивчають на такій моделі при освітленні джерелом когерентного світла (А.с. СССР №871181).

Приклад. Якір для лебідки складається з декількох куль, які нанизані на сталевий канат (рис.4.2). Отвори в кулях просвердлені з зміщенням від осі симетрії - по хорді. Кінець каната, що пропущений через отвори, в останній кулі закріплений шайбою. Крім того кулі з'єднані між собою тросиками точно по осі симетрії. Потягнувши за тросик, який прикріплений до верхньої кулі, витягують або опускають в щілину якір. При роботі тягнуть за канат і якір не вискочить зі щілини через розклинювання куль (А.с. СССР № 553329).

Приклад. Запропонований гібрид підйомного крана і повітряної кулі (А.с. СССР №570544).

§ 4.7. Використати модульний принцип конструювання, коли з невеликого числа стандартних елементів (універсального набору) можна зібрати кожний вироб в заданому класі.

Приклад. Для захисту молів і хвилерізів використовуються різні типи фасонних блоків (рис. 4.3).



Рис. 4.1

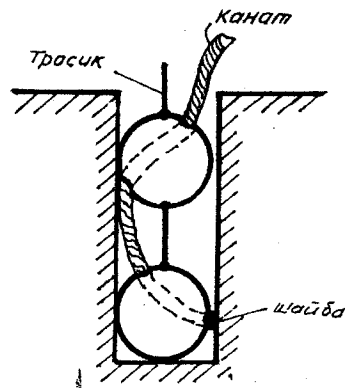


Рис. 4.2

Типи фасонних масивів для захисту молів і хвилерізів

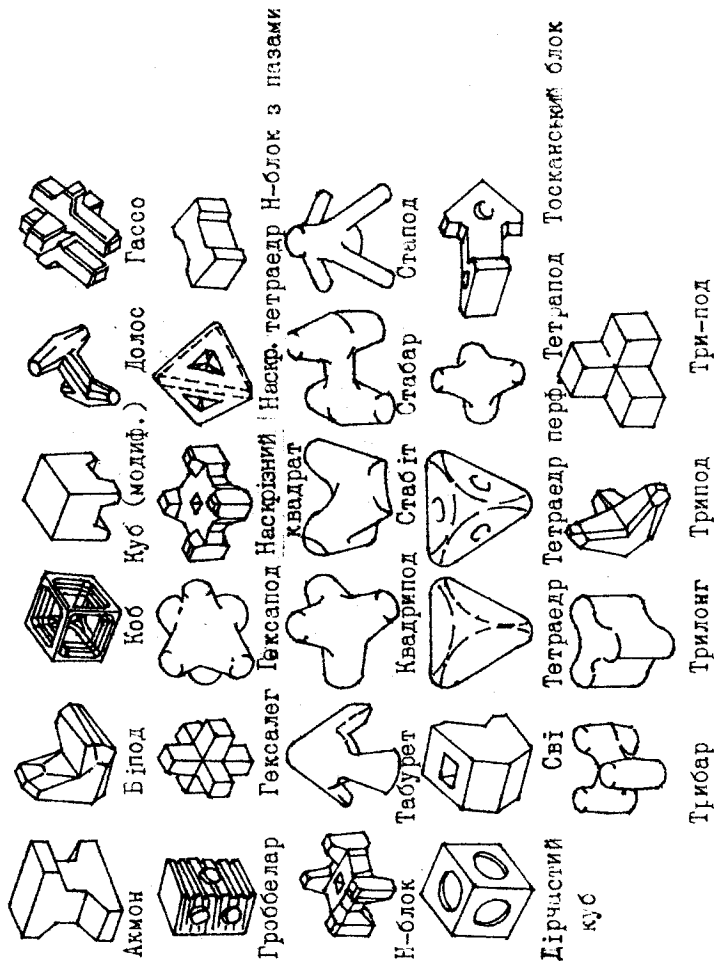


Рис. 4.3

Глава 5

ВІДПОВІДІ НА ЗАДАЧІ

1.1.1. Рішення показано на рис. 5.1., де a_1, a_2, a_3, a_4 – вершини квадрата.

1.1.2. Деталь освітлюють лазером і вона утворює тінь на задньому екрані. Вимірюючи розміри тіні і знаючи відстань деталі від екрана лазера, визначають шукані величини.

1.1.3. Опустити деталь у воду і по периметру нанести на її поверхню риску по дзеркалу води в посудині (А.с. СССР №851959).

1.2.1. Якщо $AB=1/3 AC$, $BC=1/3 AB$, $AC=1/3 BC$, то $S_1=1/7$, де S_1 – площа трикутника $a'b'c'$. S_A – площа трикутника ABC (рис. 5.2).

1.2.2. Свердло Уаттса, яке дозволяє свердлити квадратні отвори [7], наведено на рис. 5.3. Свердло Уаттса є окремий випадок кривої постійної ширини.

1.2.3. Ефективність пристрою може бути підвищена шляхом виконання внутрішньої поверхні посудини в вигляді еліпсоїда і розміщенням в одному його полюсі джерела ультразвука а в другому - приймача (А.с. СССР № 988288).

1.2.4. Даний пристрій може використовуватися для одночасної передачі обертання в трьох різних площинах (Заявка Японії № 60-23683) (рис. 5.4).

1.2.5. Необхідно обчислити ширину скелі. Одержимо приблизно 7 міліметрів. Скелю можна перекинути поштовою рукою.

1.2.6. Приймавши за основу трикутник, що лежить на площині, треба побудувати на ньому тетраedr (рис. 5.5).

1.2.7. Для одержання множини перерізів при стереометричних дослідженнях трьохмірних тіл, площини перерізів імітують горизонтальною поверхнею рідини, яка розміщена в середині прозорої порожньої моделі, якій надають різні положення в просторі (А.с. СССР №498577).

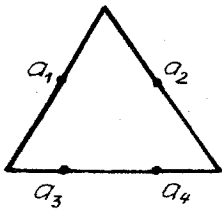


Рис. 5.1

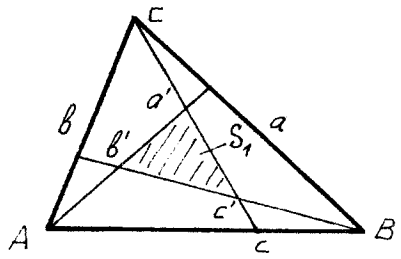


Рис. 5.2

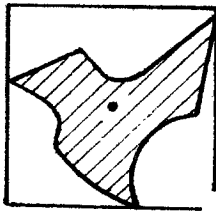


Рис. 5.3

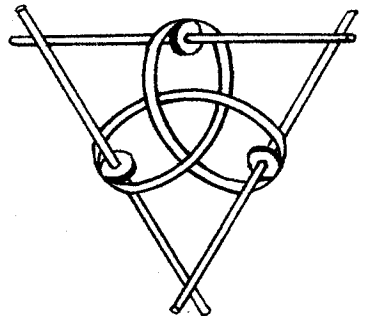


Рис. 5.4

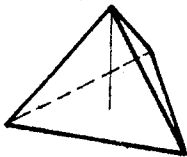


Рис. 5.5

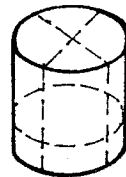


Рис. 5.6

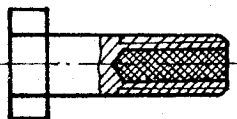


Рис. 5.7

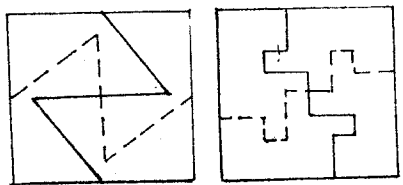


Рис. 5.7 а)

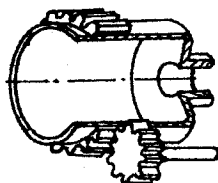


Рис. 5.8

1.2.8. Використати мензурку з водою.

1.2.9. Рішення показано на рис. 5.6 [9].

2.1. В різьбовій частині болта просвердлений отвір і зроблені повздовжні розрізи, як в цанзі. В отвір запресовано пружний циліндр з неметалевого матеріала (рис. 5.7). Його діаметр трошки більший за діаметр отвора. При закручуванні болта пружний вкладиш стискується, а коли в машині виникають вібрації, не дає болту відкрутитися (А.с. СССР №505829).

2.2. Для підвищення пропускної здатності, випускний канал в воронці зміщений від осі конусної частини (А.с. СССР №1004212).

2.3. Для розв'язання даної задачі необхідно подвоїти фігури і отримати квадрати, а потім повернути внутрішні лінії на 90° (рис. 5.7 а).

3.1. В трубі попередньо розміщують надувну вставку. Замерзаючи, вода розширюється і стискає м'яку вставку, а труба залишається цілою.

4.1. Шарики від шарикопідшипників можна використовувати в якості сферичних граничних калібрів.

4.2. Безлюфтова зубчата шестеренчата передача (А.с. СССР № 497440) наведена на рис. 5.8 Одна шестерня виконана в вигляді тонкостінної пружної склянки з зубчатим вінцем ближче до відкритого краю. Така шестерня працює в парі з звичайною. При встановленні шестерні зближуються так, щоб зацеплення відбувалося з натягом. Обертаючись, зуб звичайної шестерні давить при контакті на зуб тонкостінної, вминаючи його в порожнину склянки, а склянка розпрямляється як тільки зуби розійдуться. Таким чином, в місті контакту зубів завжди є натяг і ніколи не буває ні зазорів, ні люфтів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Математический энциклопедический словарь. М.; Сов. Энциклопедия, 1988. - 847 с.
2. Половинкин А.И. основы инженерного творчества : Учебное пособие для студентов втузов.-М. : Машиностроение, 1988, - 368 с.
3. Николаев Т. Долгий путь жизни, - М.: Мир, 1986. 167 с.
4. Е.Парнов. Зеркало Украины. - М.: Сов. Россия, 1982.-224 с.
5. Касаев К.С. О принципах научно-технического творчества.// Вопросы изобретательства. - 1987. - № 10. - С.45-49.
6. Рябкин И. КПМ - вещество умелое.// техника и наука.-1982. -№ 5 - С.17-18.
7. Гарднер М. Математические досуги. - М. : Мир, 1972. - 496 с.
8. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение. - М. : Высшая школа, 1988. - 351 с.
9. Гарднер М. Есть идея ! - М. : Мир, 1982. - 305 с.
10. Левин Б. ПОУ - новый инструмент творчества ? // Изобретатель и рационализатор. - 1981. - № 11. - С.32-34.
11. Петров П. Практический курьер. // Изобретатель и рационализатор. - 1979. - № 3. - С.14-16.
12. Левитин К.Е. Геометрическая рапсодия.-М.: Знание, 1976. - 144 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчальне видання

Вітюк Ольга Петрівна, Шевченко Алла Володимирівна,
Колесницький Олег Костянтинович

ГЕОМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Навчальний посібник

Вінниця ВДТУ 1998

Редактор Т.А. Ягельська

Тир. *50* Прим. Зам. № *99-031*

ВДТУ, 286021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95