

Из рис.2 видно, что границы интервала, в котором могут находиться значения параметров однородных проб, при увеличении неопределенности, определяемой на основании выражений (14) и(15), «расплываются», а сам интервал значительно уменьшается. Это приводит к снижению уровня доверия к результатам испытаний.

При существенной неоднородности между образцами неопределенной результатов испытаний значительно увеличивается, как следует из выражения (13), это может быть представлено на рисунке 2 увеличением угла между прямыми, выходящими из точек “н.г.” “в.г.”, чему соответствует увеличение интервала 4 и уменьшение интервала 3 практически до нуля. Отличие этого интервала от нуля пропорционально уровню статистической значимости проверяемой критерии однородности. При значительной неопределенности интервалы неопределенности 4 сливаются, перекрывая один другого и ошибок в принятом решении не будет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ISO 5725-94 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results.
2. Руководство по выражению неопределенности измерения. – Государственное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева». – С.-Петербург: 1999г.
3. ГОСТ 27872-88 (СТ СЭВ 5892-87). Стандартные образцы. Методика изготовления и аттестации стандартных образцов состава горных пород и минерального сырья.
4. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – М.: «Наука», 1969 г.

УДК 515.2

Л.М.Куценко, д-р.т.н., профессор (Академія цивільного захисту України), А.Ф.Сухобоков (Головне управління МНС в Донецькій області)

РОЗРАХУНОК ВІДБИВАЧА ОСВІТЛЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ, ЗДАТНОГО ЗОСЕРЕДИТИ ВІДБИТІ ПРОМЕНІ В ШАРІ ПРОСТОРУ

Розглядається спосіб розрахунку відбивача освітлювального приладу для зосередження відбитих променів в шарі простору, обмеженого паралельними площинами, і призначеного для освітлення великих за площею місцевостей при проведенні аварійно-рятувальних робіт в нічний час.

Постановка проблеми. Під час проведення аварійно-рятувальних робіт в нічний час виникає проблема надійного освітлення великих за площею місцевостей. При цьому кількість освітлювальних приладів повинна бути обмеженою, адже силові кабелі не тільки заважають роботі, але і становлять додаткову небезпеку (особливо під час дощу) як для потерпілих, так і для рятувальників. На практиці, як правило, використовуються освітлювальні прилади, відбивачі яких спроектовано на основі параболічних залежностей. Прикладами таких приладів є фари у автомобіля, прожектори, ліхтарі направленої дії тощо. Для названих приладів характерним є те, що вони формують теоретично „майже паралельний” пучок променів, які розповсюджуються лише у межах „світлового конуса”. Тому для освітлення великих за розмірами площ такі освітлювальні прилади необхідно періодично рухати (сканувати місцевість), що додає додаткові вимоги до їх кріплення. Тому актуальними будуть дослідження, спрямовані на пошук *форми нерухомого відбивача*, який був би здатний зосередити відбиті промені в області простору, на відмінну від „світлового конуса”.

Аналіз останніх досліджень. Основу геометричного моделювання методами синтетичної геометрії форм відбивачів променів різноманітної фізичної природи складають

роботи професора О.Л.Підгорного [1, 2]. Але методи синтетичної геометрії важко формалізуються і не пристосовані для комп'ютерної реалізації. Тому органічним доповненням до цих методів має бути аналітичний опис відбивальної поверхні, призначений для складання комп'ютерних алгоритмів розрахунку відбивачів освітлювальних приладів нового класу. В роботах О.Д.Мазуренко та Н.І.Середі [3, 4] вивчалися катакаустики відбивальних систем та процеси відбиття з позицій математичних більярдів. У роботі Г.В.Рєви [5] запропоновано метод розрахунку синусоїдальних відбивачів, здатних зосередити відбиті вибухові хвилі у заданих областях простору, і призначені для гасіння верхових лісових пожеж. Робота С.В.Росохи [6] присвячена розрахунку відбивальної системи для формування відбитих вибухових хвиль з певними характеристиками їх фронтів. При цьому ще не зайнятою науковою нішею виявилася тема розрахунку відбивача, здатного зосередити відбиті промені в області простору, на відміну від „світлового конуса”.

Постановка задачі. Описати поверхню *нерухомого відбивача*, здатного зосередити відбиті промені в об'ємі простору, який би мав вигляд шару, обмеженого двома паралельними площинами (на відміну від форми заповнення області у вигляді конуса).

Основна частина. Оберемо положення нерухомої прямокутної системи координат *Oxyz* так, щоб серединна освітлювальна пряма визначалася координатною площиною *Oxz*. Нехай система координат *OXYZ* є рухомою і пов'язана з напрямком випромінювання. Спочатку її сумістимо „однойменними” осями з нерухомою системою координат *Oxyz*, а потім здійснимо її оберт навколо осі *Oy* на кут *t*. Описати такий оберт можна рівняннями

$$X = x \cos t + z \sin t; \quad Y = y; \quad Z = -x \sin t + z \cos t. \quad (1)$$

В рухомій системі координат *OXYZ* задамо параболоїд обертання з фокусом в початку координат і з віссю обертання *OZ*:

$$X = v \cos u; \quad Y = v \sin u; \quad Z = \frac{v^2}{2p} - \frac{p}{2}, \quad (2)$$

де *p* – параметр форми параболоїда.

Вважатимемо, що завдяки переміщенню рухомої системи координат *OXYZ* параболоїд обертання своєю віссю *OZ* „забезпечуватиме” необхідний напрям променів, де кут-параметр *t* змінюється у межах $t_{MIN} \leq t \leq t_{MAX}$. Нехай джерело світлових променів розташоване у спільному фокусі сім'ї конфокальних параболоїдів. Тоді шукана поверхня відбивача співпадатиме з обвідною миттєвих положень елементів цієї сім'ї конфокальних параболоїдів обертання, тобто параболоїдів обертання із спільним фокусом [7, 8].

Для опису *одного елемента* з сім'ї конфокальних параболоїдів необхідно на основі виразів (1) і (2) утворити систему рівнянь

$$v \cos u = x \cos t + z \sin t; \quad v \sin u = y; \quad \frac{v^2}{2p} - \frac{p}{2} = -x \sin t + z \cos t. \quad (3)$$

Після розв'язання системи рівнянь (3) відносно *x*, *y* і *z*, одержимо рівняння параболоїда обертання з фокусом в початку координат, повернутого навколо осі *Oy* на кут *t*:

$$x = v \cos t \cos u + \frac{p^2 - v^2}{2p} \sin t; \quad y = v \sin u; \quad z = v \sin t \cos u - \frac{p^2 - v^2}{2p} \cos t. \quad (4)$$

На рис. 1 при значенні параметра форми параболоїда *p* = 2 зображено сім'ю конфокальних параболоїдів, повернутих навколо осі *Oy* в залежності від кута *t*, яка побудована за допомогою формул (4), а також наведено компоненти нерухомого відбивача.

Для опису поверхні, яка буде обвідною сім'ї зазначених конфокальних параболоїдів, необхідно скласти і розв'язати систему рівнянь (4) із залученням якобіана

$$J(u, v) = \frac{D(x, y, z)}{D(u, v, t)} = -\frac{v^2(p^2 + v^2)}{2p^2} \cos u. \quad (5)$$

З рівняння $J(u, v) = 0$ відносно параметра u одержуємо корінь $u = \pi/2$. Підставивши значення $u = \pi/2$ у формули (4), маємо рівняння обвідної поверхні

$$x = -\frac{v^2 - p^2}{2p} \sin u; \quad y = v; \quad z = \frac{v^2 - p^2}{2p} \cos u. \quad (6)$$

Опис „верхньої” поли поверхні обертання можна одержати у вигляді

$$z(x, y) = \frac{1}{2p} \sqrt{(y^2 + 2px - p^2)(y^2 - 2px - p^2)}, \quad (7)$$

коли вилучимо змінну z з рівняння $\sqrt{x^2 + z^2} = \frac{y^2}{2p} - \frac{p}{2}$ і врахуємо знак перед радикалом.

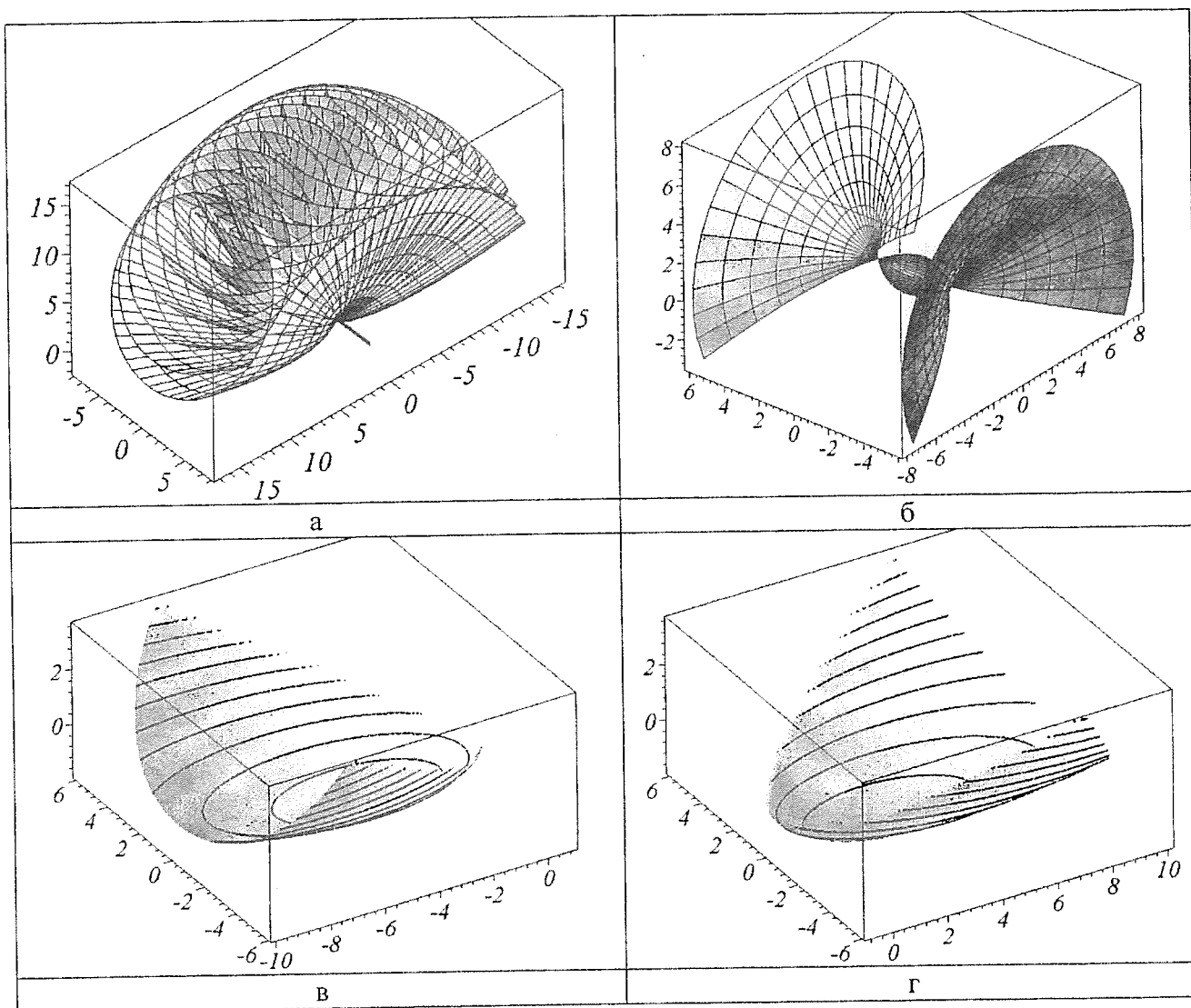


Рис. 1. Компоненти нерухомого відбивача:

а) сім'я конфокальних параболоїдів обертання та їх обвідна;

б) „боковини” відбивача; в) лівий „півпараболоїд”; г) правий „півпараболоїд”.

Але досвід застосування на практиці опису повернутого параболоїда з „класичною” параметризацією у вигляді (2) вказує на її певну незручність. А саме, при цій параметризації за допомогою формул (4) не вдається описати „половину” параболоїда традиційним шляхом вибору меж зміни параметра u . Тому в роботі пропонується інша параметризація [7, 8], завдяки їй рівняння параболоїда обертання набуде вигляду

$$X = \sqrt{v^2 - u^2}; \quad Y = u; \quad Z = \frac{v^2}{2p} - \frac{p}{2}. \quad (8)$$

Поєднуючи ці рівняння з виразами (1), маємо систему рівнянь

$$\sqrt{v^2 - u^2} = x \cos t + z \sin t; \quad u = y; \quad \frac{v^2}{2p} - \frac{p}{2} = -x \sin t + z \cos t. \quad (9)$$

Після розв’язання системи рівнянь (9) відносно x , y і z , одержимо нову форму рівняння параболоїда з фокусом в початку координат, повернутого навколо осі Oy на кут t :

$$\begin{aligned} x &= -\frac{1}{2p} [(v^2 - p^2) \sin t \mp 2p \cos t \sqrt{v^2 - u^2}]; \\ y &= u; \\ z &= \frac{1}{2p} [(v^2 - p^2) \cos t \pm 2p \sin t \sqrt{v^2 - u^2}]. \end{aligned} \quad (10)$$

Тут верхні знаки необхідно обирати при від’ємних значеннях параметра t , а нижні – при додатних значеннях.

Отже, шукана відбивальна поверхня, що „теоретично” забезпечить концентрацію відбитих променів в шарі простору, який обмежено двома паралельними площинами за умови, що джерело променів розташоване в конфокальній точці, повинна складатися з трьох частин. А саме, з двох фрагментів параболоїда обертання – лівого „півпараболоїда” і правого „півпараболоїда” при значеннях параметра $t = t_{MIN}$ і $t = t_{MAX}$, а також з частини поверхні „боковин” відбивача. На рис. 2 наведено три проекції та аксонометрію запропонованої відбивальної поверхні при значенні параметра форми „базового” параболоїда $p = 2$.

Для дослідження відбивальних характеристик запропонованого рефлектора слід визначити напрям відбитого променя у залежності від форми відбивальної поверхні. Нехай поверхню описано у вигляді $x=x(u, v)$; $y=y(u, v)$; $z=z(u, v)$, а джерело променів розташовано у точці $S(x_s, y_s, z_s)$. Через точку падіння $T(X, Y, Z)$ променя на цю поверхню проведемо дотичну площину $\frac{x-X}{m} = \frac{y-Y}{n} = \frac{z-Z}{l}$, де $m = \frac{\partial(y, z)}{\partial(u, v)}$; $n = \frac{\partial(z, x)}{\partial(u, v)}$; $l = \frac{\partial(x, y)}{\partial(u, v)}$. Тоді уявне джерело променів $M(x_M, y_M, z_M)$ буде розташоване симетрично точці $S(x_s, y_s, z_s)$ відносно обраної дотичної площини [9].

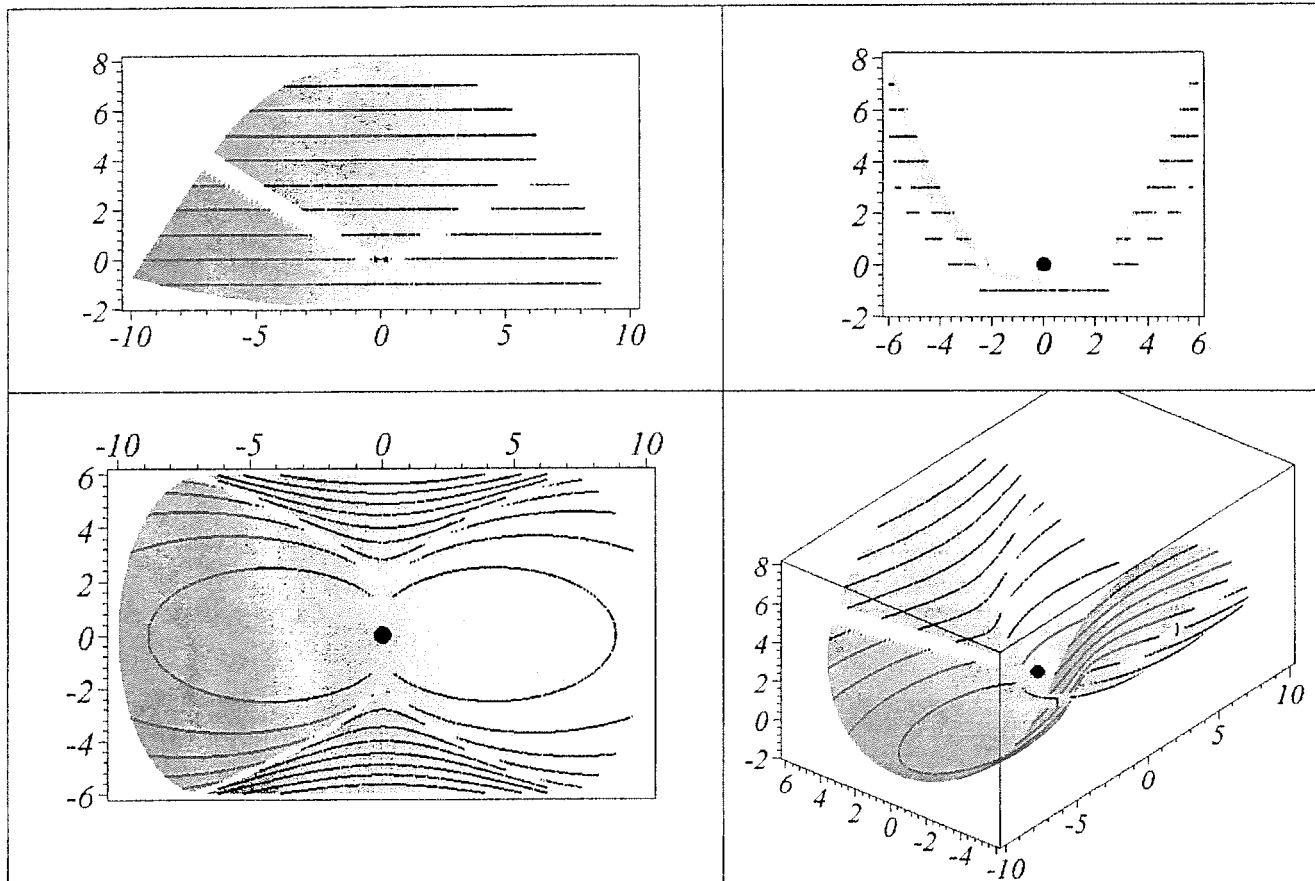


Рис. 2. Три проекції та аксонометрія відбивальної поверхні.

Твердження 1. Координати точки $M(x_M, y_M, z_M)$ – як уявного джерела променів – слід обчислювати за формулами:

$$x_M = x_S - 2km; \quad y_M = y_S - 2kn; \quad z_M = z_S - 2kl, \quad (11)$$

де $k = \frac{(x_S - x)m + (y_S - y)n + (z_S - z)l}{m^2 + n^2 + l^2}$.

Тоді відбитий від поверхні промінь визначатиметься формулами:

$$x_{BID} = x - (x_M - x)q; \quad y_{BID} = y - (y_M - y)q; \quad z_{BID} = z - (z_M - z)q, \quad (12)$$

де q – параметр точки на відбитому промені.

Твердження 2. Якщо поверхня „півпараболоїда” описана у параметричному вигляді (10), то координати вектора нормалі у точці $x=x(u, v); y=y(u, v); z=z(u, v)$ падіння променя слід обчислювати за формулами:

$$m(u, v) = v \frac{\sqrt{v^2 - u^2} \cos t \pm p \sin t}{p \sqrt{v^2 - u^2}}; \quad n(u, v) = \frac{uv}{p \sqrt{v^2 - u^2}}; \quad (13)$$

$$l(u, v) = v \frac{\sqrt{v^2 - u^2} \sin t \mp p \cos t}{p \sqrt{v^2 - u^2}},$$

де t – кут нахилу параболоїда відносно вертикальної осі (верхні знаки необхідно обирати при від’ємних значеннях параметра t , а нижні – при додатних значеннях).

Твердження 3. Якщо рівняннями „боковин” є формули (6), то координати вектора нормалі у точці $x = x(u, v)$; $y = y(u, v)$; $z = z(u, v)$ падіння променя слід обчислювати за формулами:

$$m(u, v) = -\frac{1}{2p}(u^2 - p^2) \sin v; \quad n(u, v) = -\frac{u(u^2 - p^2)}{2p^2}; \quad (14)$$

$$l(u, v) = \frac{1}{2p}(u^2 - p^2) \cos v.$$

Тоді уявне джерело променів $M(x_M, y_M, z_M)$ матиме координати (11), де

$$k = p^2 \frac{2p(z_S \cos v - x_S \sin v) - 2uy_S + u^2 + p^2}{u^4 - p^4}.$$

Твердження 4. Нехай фрагмент тора при $-\pi/6 \leq u \leq \pi/6$ і $-\pi/2 \leq v \leq \pi/2$ описано рівняннями

$$x(u, v) = -\sin u (R - r \cos v); \quad y(u, v) = -r \sin v; \quad z(u, v) = \cos u (R - r \cos v). \quad (15)$$

Тоді координати вектора нормалі у точці $x = x(u, v)$; $y = y(u, v)$; $z = z(u, v)$ падіння променя слід обчислювати за формулами:

$$m(u, v) = -r \cos v \sin u (R - r \cos v);$$

$$n(u, v) = r \sin v (R - r \cos v); \quad (16)$$

$$l(u, v) = r \cos u \cos v (R - r \cos v).$$

Внаслідок чого уявне джерело променів $M(x_M, y_M, z_M)$ матиме координати (11), де

$$k = \frac{\cos v (R + x_S \sin u - z_S \cos u) - r - y_S \sin v}{r(R - r \cos v)}.$$

Наведені твердження покладено в основу геометричного моделювання променів, відбитих від певної ділянки відбивача. На рис. 3 і 4 наведено аксонометричні зображення відбитих променів для фрагментів нової відбивальної поверхні (тут $x_S = 0$; $y_S = 0$; $z_S = 0$).

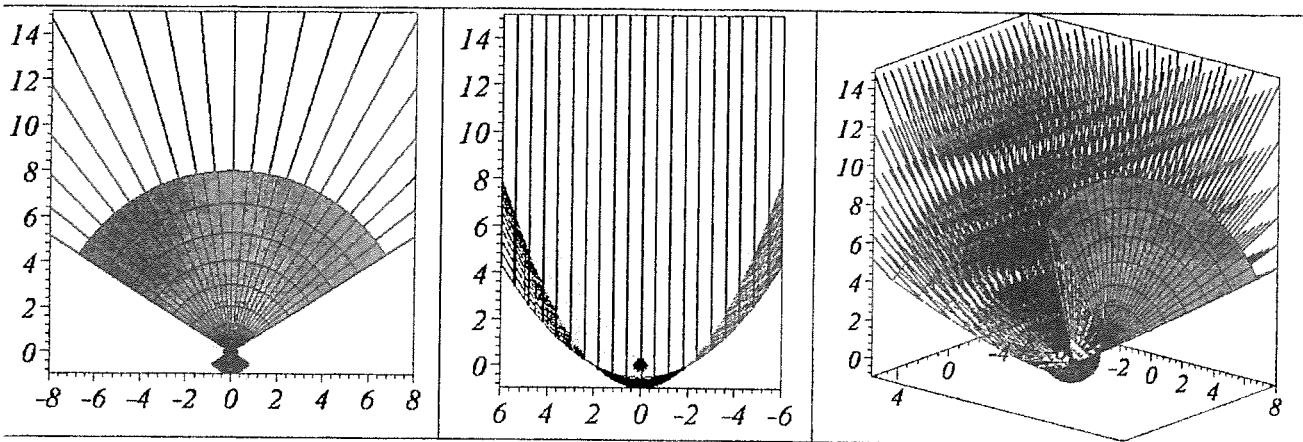


Рис. 3. Промені, які відбиті від „боковин” нового відбивача

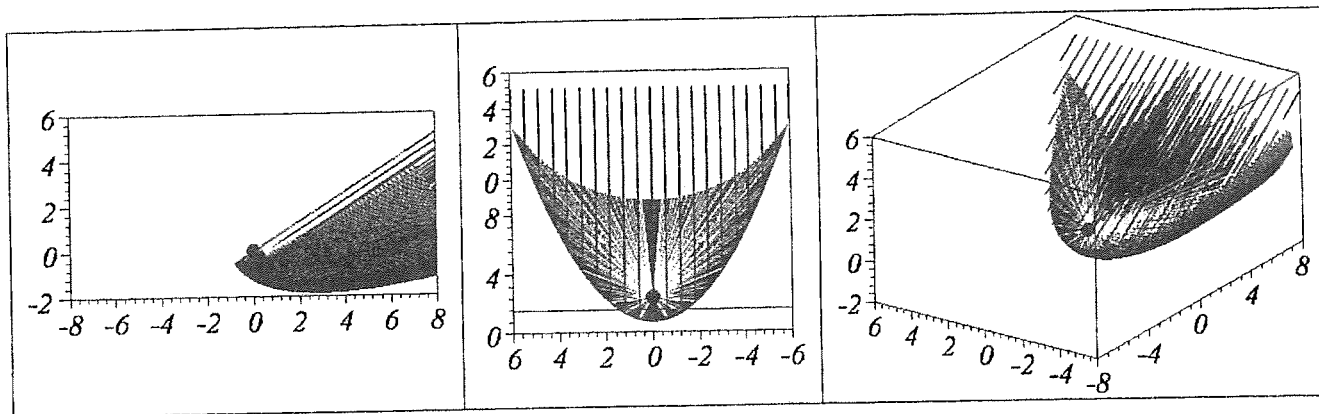


Рис. 4. Промені, які відбиті від „півпараболіда” нового відбивача

Професор О.Л.Підгорний [1, 2] є автором геометричної моделі надходження сонячних променів в задану точку простору, яку можна розглядати як „обернену” модель для синтезу форми відбивача освітлювального приладу. Цю модель було покладено в основу низки досліджень, пов'язаних з розрахунками сонячного опромінення у тому числі і для визначення форми нерухомого концентратора сонячних променів. Професор О.Т.Дворецький [10] запропонував і випробував відбивач, поверхня якого має вигляд фрагмента тора. На рис. 5 для порівняння нового відбивача з „торовим” відбивачем наведено приклади аксонометричних зображень відбитих променів для фрагментів поверхні, яка має форму тора (варіант обчислювався з параметрами $R = 20$; $r = 5$; $x_F = 0$; $y_F = 0$; $z_F = 15,5$).

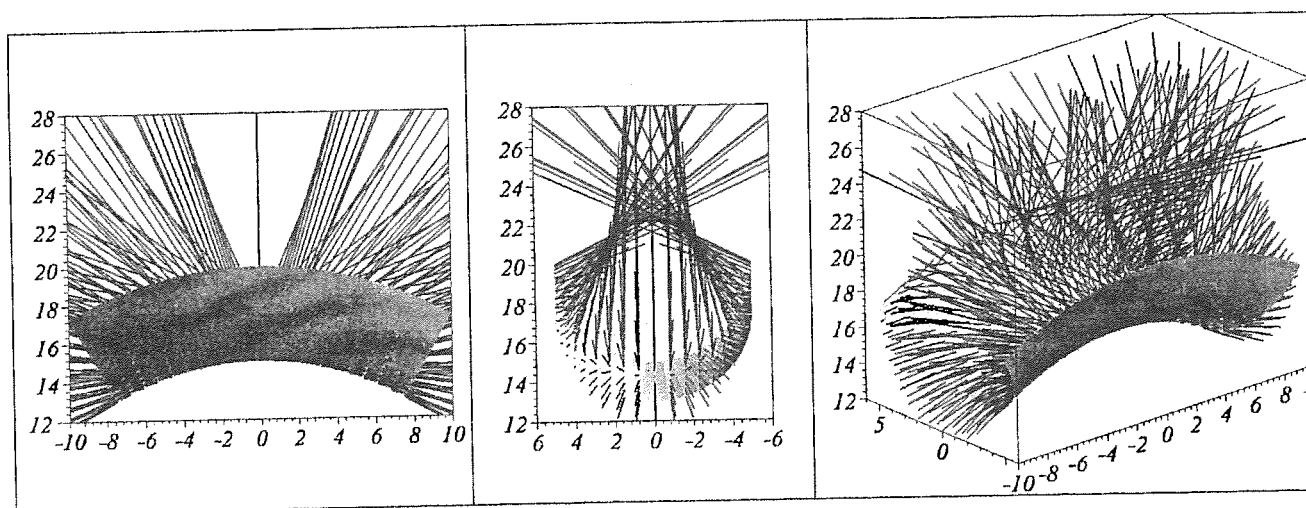


Рис. 5. Промені, які відбиті від поверхні фрагмента тора

Порівняння перебігу відбитих променів дає підстави вважати, що новий відбивач має діяти більш ефективно, порівняно з нерухомим відбивачем „торової” форми. Зазначимо, що крім аварійно-рятувальних робіт запропонований відбивач можна застосовувати і у навігаційних освітлювальних приладах, наприклад, в морських портах та на аеродромах.

Висновки

Опис нерухомої відбивальної поверхні, яка дозволяє концентрувати відбиті промені у шарі простору, складається з рівнянь (6) та (10). Ці формули дозволяють обчислювати координати точок пуансона і матриці, тому для виготовлення відбивача придатною технологія штампування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Подгорный А.Л. К вопросу автоматизации инсоляционных расчетов // Прикладная геометрия и инженерная графика. – 1981. – Вып. 31. – С.12 – 13.

2. Подгорный А.Л., Запривода В.И. К вопросу создания геометрической модели процесса поступления солнечной радиации на поверхности оболочек // Прикладная геометрия и инженерная графика. – 1987.- Вып. 44. – С. 11 – 15.
3. Мазуренко Е.Д. Геометрическое моделирование катакаустик и отражательных кривых на плоскости. - Дисс... кандидата техн. наук: 05.05.01. – Харьков, 1996. –195 с.
4. Серета Н.І. Геометричне моделювання перебігу променів в еліптичних та параболічних відбивальних системах. - Дисс... кандидата техн. наук: 05.05.01. – Харків, 1999. –158 с.
5. Рева Г.В. Метод розрахунку циліндричних відбивачів вибухових хвиль для гасіння лісових пожеж. - Дисс... кандидата техн. наук: 05.05.01. – Харків, 2000. –157 с.
6. Росоха С.В. Анімаційне комп'ютерне моделювання деяких процесів у задачах пожежної безпеки. - Дисс... кандидата техн. наук: 05.05.01. – Харків, 2003. –205 с.
7. Куценко Л.М. Визначення поверхні нерухомого відбивача у випадку рухомого джерела променів // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. - Вып. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. - Том. 24. - Мелітополь: ТДАТА, - 2004 - С. 15 – 21
8. Куценко Л.М. Метод опису геометричної форми відбивача у випадку рухомого джерела променів // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2004. Вып. 6. - С. 3 - 8.
9. Куценко Л.Н., Росоха С.В. Анимационное моделирование в среде пакета Maple некоторых задач пожарной безопасности // Вестник Херсонского государственного технического университета. 2002. Т. 15, № 2. С. 262-266
10. Дворецкий А.Т. Геометрическое моделирование отраженных энергетических потоков в гелиотехнике. – Дисс... доктора техн. наук: 05.05.01. – Симферополь, 2001. – 335 с.

УДК 514.18 + 621

В.Г.Рева, (Державний центр сертифікації виробів протипожежного призначення МНС України)

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОТАЦІЙНИХ ГІДРАВЛІЧНИХ МАШИН

Розглянуто метод визначення продуктивності ротаційних гідравлічних машин трохойдного типу на основі опису профілів їх роторів і корпусів за умови виконання спряженості контурів цих деталей.

Постановка проблеми. При ліквідації наслідків весняних повеней або затоплення шахт, коли виникає потреба якнайшвидше перемістити великі об'єми води, доцільно використовувати гідравлічні машини (гідронасоси) ротаційного типу, для яких характерними є високі економічні показники при малих габаритах і вазі [1, 2]. Характерною ознакою таких машин є те, що ротор і корпус здійснюють взаємне переміщення в просторі за допомогою планетарного механізму. Для вибору раціональної схеми дії ротаційної машини трохойдного типу необхідно здійснити системний аналіз всіх можливих схем дії машин цього класу. Задача стає особливо актуальною тепер, коли для удосконалення машин відкрилися нові можливості завдяки розв'язанню ряду проблем технологічного характеру та завдяки можливості геометричного моделювання їх дії засобами обчислювальної техніки.

Аналіз останніх досліджень. В роботах [1, 2] розглянуто класифікації схем ротаційних машин, одержані за допомогою графічної обкатки. Але для складання ефективних алгоритмів визначення продуктивності ротаційних машин трохойдного типу з високими економічними показниками необхідно мати їх повну класифікацію, реалізовану на аналітичній основі. В роботах [1 - 3] наведено методи визначення продуктивності ротаційної машини, які зводяться до обчислення об'єму простору між корпусом і ротором. Відзначається, що розрахунок цієї характеристики в часі є надто складною задачею. Тому її