

УДК 514.182.2

ГИПЕРБОЛОИДЫ В ИСКУССТВЕ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

Ерёменко А. С., студент гр. ТЭб-191, II курс

Богданова Т. В., ст. преподаватель

Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

На сегодняшний момент для многих ученых вопрос о том, в каком же пространстве мы живем, остается загадкой. Трёхмерный ли наш мир, или же мы живем в четырёхмерном измерении пространство-время, а может, согласно теории струн, этих измерений 11. Как бы то ни было, но человек видит мир трёхмерным, то есть может различать три измерения пространства (длину, ширину и высоту).

Рассмотрим такую фигуру в трехмерном пространстве, как гиперболоид: её определение, виды, канонические уравнения, как она образуется и её применение в различных сферах жизни, и попробуем разобраться, почему в наши дни, так называемые, сетчатые оболочки набирают всё большую популярность при выборе конструктивной схемы зданий.

Гиперболоид – закономерная алгебраическая поверхность второго порядка.

Существует два основных вида гиперболоидов – однополостный и двуполостный.

Первый вид определяется в системе координат O_{xyz} с помощью уравнения:

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

где $a \geq b > 0$ и $c > 0$. При этом система координат, указанная выше, носит название канонической, а уравнение (1), соответственно, именуется каноническим уравнением однополостного гиперболоида.

Однополостный гиперболоид вращения (рис. 1) может быть получен путём вращения гиперболы вокруг ее мнимой оси.

Второй вид гиперболоида признается поверхностью, определяемой в прямоугольной системе координат O_{xyz} уравнением вида

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

где $a \geq b > 0$ и $c > 0$.

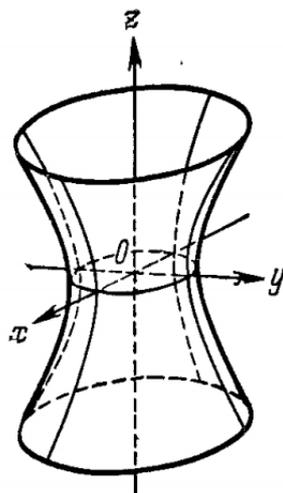


Рис. 1. Однополостный гиперboloид

Эта система координат называется канонической (относительно данного гиперboloида), а уравнение (2) называется каноническим уравнением двуполостного гиперboloида.

При вращении гипербoлы вокруг действительной оси получаем двуполостный гиперboloид вращения (рис. 2) [1].

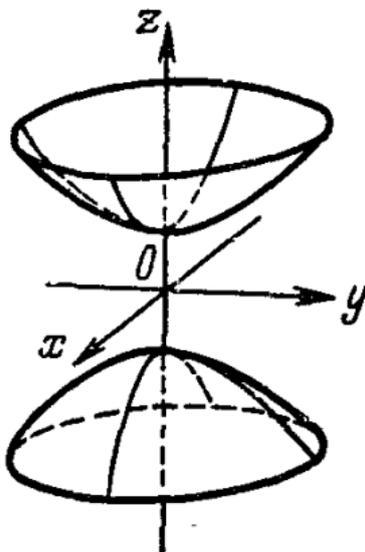


Рис. 2. Двуполостный гиперboloид

Уникальность данной фигуры произвела интерес, как для учёных, так и для некоторых поэтов и скульпторов.

Известный инженер и ученый России – Шухов Владимир Григорьевич – считается первым разработчиком в области конструктивных решений гиперboloидных зданий.

Им впервые была выдвинута идея использования однополостного гиперboloида для возведения конструкций с высокими технологическими характеристиками и параметрами прочности (маяков, водонапорных башен, ра-

диомачт). Среди конструктивных преимуществ таких построек выделяются: сниженная материалоёмкость, высокая прочность, за счёт своей решетчатой формы, которая позволяет уменьшать ветровую нагрузку, нежелательную для высоких конструкций, повышенная устойчивость и небольшой вес. Данные строения имеют ряд плюсов и с архитектурной точки зрения, а именно: уникальную форму, выразительность и наличие множества различных функций сетки несущих компонентов.

Благодаря созданной и запатентованной В. Г. Шуховым технологии изобретения гиперболоидных конструкций, в 1896 году на свет появилась первая в своем роде, сравнимая, разве что, только с творением Эйфеля, башня в форме однополостного гиперболоида (рис. 3). Это была ажурная конструкция из металлических стержней, выполненная в виде сетчатой оболочки, построенная специально для выставки промышленных и художественных экспонатов в Нижнем Новгороде, в которой принимали участие все города России [2].



Рис. 3. Водонапорная башня

Труды Шухова оказали большое влияние на последующее архитектурное творчество не только в России, но и в других странах. На сегодняшний день гиперболоидные конструкции поражают своей красотой и уникальностью. При этом они являются востребованными, в частности в большинстве зарубежных стран.

В качестве примера подобных конструкций можно привести: гиперболоидные мачты линкора «Аризона» (США), броненосца «Император Павел I», научно-исследовательский центр в американском городе Сент-Луис (1963 г.), портовую Башню (Япония, г. Кобэ, 1963 г.), Телебашню в г. Сидней, проект «Вортекс», Aspire Tower (г. Доха, Катар, 2007 г.), Экспо Бульвар (г. Шанхай, Китай, 2010 г.), башню Canton Tower (г. Гуанчжоу, Китай, 2009 г.) и др.

Гиперболоид упоминается в литературе, в фантастическом романе А. Н. Толстого – «Гиперболоид инженера Гарина». В данном произведении в роли гиперболоида выступает специальный аппарат, испускающий тепловой луч огромной мощности, который главный герой использовал для добычи полезных ископаемых. Но правильным названием устройства, всё же, как и подтверждал сам автор, был бы параболоид, однако Толстой выбрал гиперболоид из-за его внушительного звучания [3].

Гиперболоидные конструкции также используются в промышленности, например градирни, сопла, диффузоры. Градирни – это специальные промышленные сооружения для охлаждения воды (теплоносителя), циркулирующей в системе повторного использования очищенных сточных вод. Данная система представляет собой замкнутый цикл, позволяет вторично использовать очищенную воду в качестве хладагента для охлаждения теплообменных устройств. Использование градирен позволяет экономить природной воды в 25-50 раз по сравнению с водными объектами. После охлаждения воды в градирнях большая часть оборотной воды возвращается в производство. Как правило, при промывке системы за счет испарения, уноса, утечки и сброса теряется не более 5% воды. Потери восполняются посредством подпитки. Первая башенная градирня, в привычном для нас виде, появилась в 1918 г. в Голландии в городе Херлен. Данную конструкцию разработал профессор машиностроения Фредерик Ван Итерсон. [4].

Сопло (конфузор) – это канал, в котором скорость газа увеличивается. Сопла используются в процессе понижения давления газа либо пара при его прохождении сквозь суженую часть трубопровода. Такое сужение носит название местного сопротивления. Весь процесс называется дросселированием, а сужение в процессе дросселирования – дросселем.

Конечным результатом дросселирования при термодинамическом процессе отсутствия обмена теплотой с внешней средой давление после дросселя p_2 уменьшается в сравнении с давлением дросселя p_1 . Значит, процесс расширения исключает предварительную полезную работу (рис. 4).

В случае необходимости процесса дросселирования, к примеру, в холодильных установках, в паровых двигателях и др., его создают искусственным способом. Создаются определенные условия, позволяющие снизить температуру газа либо пара в процессе дросселирования. Данный эффект является базовым в работе холодильных установок.

Зачастую дросселирование негативно сказывается на работе тепловых двигателей, снижая их работоспособность и КПД. Существует комбинированное сопло Лавая, названное в честь шведского инженера и изобретателя Карла Густава Патрика де Лавая. Данный механизм применяется в случае изменения давления с большими амплитудами, для достижения скоростей истечения рабочего тела с показателями, превышающими критические и скорость звука. Включает суживающийся отрезок небольшой длины и расширяющийся коническую насадку.

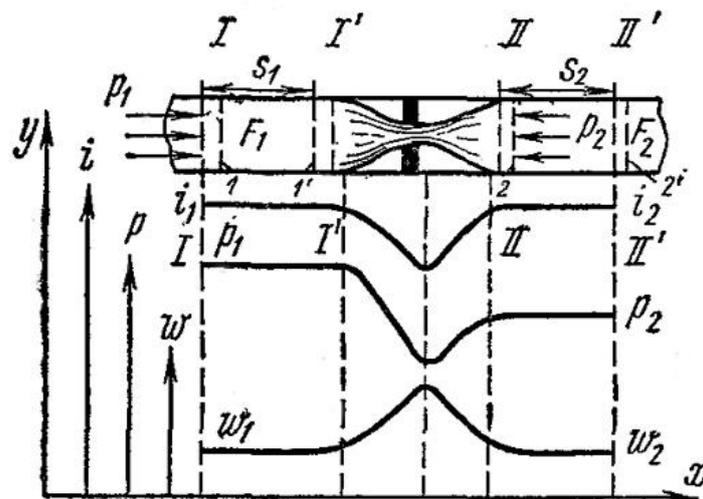


Рис. 4. Дросселирование пара

Сопла используются и в ракетной технике, как часть ракетного двигателя.

Диффузором называют канал, где осуществляется сокращение скорости движения рабочего тела. Диффузоры применяются в гидроаэродинамике, в пищевой промышленности, в качестве насадки для фена и др. [5].

Сегодня активно применяют как однополостные, так и двуполостные гиперболоиды. Характеристики зеркала вогнутой и выпуклой форм зачастую востребованы в телескопах системы Кассегрена [6].

Многие радиоантенны построены на основе открытий Кассегрена. Они используют тот же принцип действия, что и в одноименном оптическом телескопе. Отличием конструкции является единство параболической тарелки вогнутой формы с внутренним зеркалом (его называют параболическим зеркалом) и зеркалом в виде гиперболы (дополнительное), удаленного от параболического. Центральную ось чаши вогнутой формы занимает дополнительное выпуклое зеркало. Оно значительно уступает чаши в размерах. Итак, тарелка в виде параболы и дополнительное зеркало в виде гиперболы направлены друг на друга. Согласно раннему утверждению, дополнительное зеркало меньших габаритов располагается на центральной оси чаши. Волны, поступающие на ее поверхность, отражаются и падают на дополнительное зеркало, от которого они также отражаются. Поверхность чаши вогнутой формы отражает волны под углом определенной величины. Так, осуществляется нужная направленность волн и усиление полученного сигнала. Данная антенна фокусируется в двух направлениях: в середину излучателя и на параболическую поверхность.

Радиоантенны Кассегрена часто используются для обнаружения миллиметровых волн. Они имеют высокий коэффициент усиления и очень дешевы в производстве [7].

Список литературы:

1. Гиперболоиды: однополостный и двуполостный [Электронный ресурс]. URL: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=giperboloid#:~...> (дата обращения 20.01.2021).
2. Арнаутов, Л. И. Повесть о великом инженере / Л.И. Арнаутов, Я.К. Карпов. – М.: изд-во «Московский рабочий», 1978. – 240 с.
3. Левин, В. А. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии на базе пакета «Mathematica» / В. А. Левин, В.В. Калинин, Е.В. Рыбалка. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 192 с.
4. Градирни – виды градирен и принцип работы [Электронный ресурс]. URL: <https://acs-nnov.ru/gradirnya.html> (дата обращения 20.01.2021).
5. Дросселирование адиабатное [Электронный ресурс]. URL: <https://mash-hl.info/info/26496/> (дата обращения 22.01.2021).
6. Цуканова, Г. И. ВЕГА. / Под редакцией профессора О. А. Цукановой. - СПб.: Университет ИТМО, 2019. – 285 с. – Серия «Выдающиеся ученые Университета ИТМО». – Вып. 18.
7. Конструкция антенны Кассегрена [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wifiantenna.org.ua/antennas/konstruktsiya-antenny-kassegrena/> (дата обращения 22.01.2021).