является минимальным. При двухступенчатом сжатии работа задается формулой

$$A = \frac{kNRT}{k-1}\left(\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 2 + \left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right).$$

где A – работа, кГм; N – количество сжимаемого газа, кг-мол; R – газовая постоянная; k – отношение теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме (показатель адиабаты); T – температура поступающего в компрессор газа.

Найдем производную составленной функции по переменной P_2 и приравняем полученную производную к нулю

$$\frac{dA}{dP_2} = NRT\left(P_1^{\frac{1}{k}-1} P_2^{-\frac{1}{k}} - P_2^{\frac{1}{k}-2} P_3^{1-\frac{1}{k}}\right) = 0 .$$

Решая уравнение относительно переменной P_2, найдем значение для промежуточного давления при двухступенчатом сжатии газа: $P_2 = \sqrt{P_1 \cdot P_3}$.

Для того, чтобы убедиться, что найденное значение P_2 соответствует минимальному значению работы, вычислим вторую производную от функции A:

$$\frac{d^2A}{dP_2^2} = NRT\left(-\frac{1}{k} P_1^{\frac{1}{k}-1} P_2^{-\frac{1}{k}-1} - \left(\frac{1}{k} - 2\right) P_2^{\frac{1}{k}-3} P_3^{1-\frac{1}{k}}\right).$$

Подставляя выражение для P_2, получим

$$\frac{d^2A}{dP_2^2} = 2NRT \cdot P_1^{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{k}-3\right)} \cdot P_3^{-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{k}+1\right)} \cdot \frac{k-1}{k} .$$

Так как для любого газа показатель адиабаты превышает единицу, то вторая производная функции A в рассматриваемой точке положительна. Следовательно, при $P_2 = \sqrt{P_1 \cdot P_3}$ функция работы достигает своего минимального значения.

В полученном выражении для P_2 отсутствует величина k, следовательно, оно справедливо для любого политропического сжатия.

Решенная нами задача о компрессоре может быть обобщена на случай трехступенчатого сжатия.

Список литературы

1. Воронецкий А. В. Современные центробежные компрессоры – М.: Премиум Инжиниринг, 2007. – 140 с.
2. Михайлов А.К., Ворошилов В.П. Компрессорные машины. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 288 с.
3. Абдурашитов С.А. Насосы и компрессоры. – М.: Недра, 1974.

МАКСИМАЛЬНАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ ПРИ ФОТОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Ким И.О., Антипина С.Г.

Волжский политехнический институт, филиал Волгоградского государственного технического университета, Волжский, e-mail: irashikim@mail.ru

Под действием света могут происходить самые разнообразные химические реакции. В основе химического действия света лежит явление взаимодействия света с веществом. В частности, под действием света могут происходить реакции химических превращений веществ (фотохимическая реакция). Некоторые из этих реакций приводят к образованию сложных молекул из простых (например, образование хлористого водорода при освещении смеси водорода и хлора), другие – к разложению молекул на составные части (например, фотохимическое разложение бромистого серебра с выделением металлического серебра и брома), в результате третьих – молекула не изменяет своего состава, изменяется лишь ее пространственная конфигурация, приводящая к изменению ее свойств (возникают тереоизомеры).

Область практического применения фотохимических реакций весьма обширна. Фотохромные соединения используют для изготовления материалов с обратимыми изменениями спектральных характеристик под действием света. Известны жидкофазные и твердые фотохромные материалы, используемые в системах регистрации и обработки оптической информации, голографии, в термоиндикаторных устройствах, а также в других областях науки и техники. С применением фотохимических процессов получают рельефные изображения для микроэлектроники, печатные формы для полиграфии. Большое практическое значение имеет фотохимическое хлорирование (главным образом насыщенных углеводородов). Важнейшая область практического применения фотохимических процессов – фотография. Помимо фотографического процесса, основанного на фотохимическом разложении галогенидов серебра (главным образом AgBr), все большее значение приобретают различные методы несеребряной фотографии.

Один из основных законов фотохимии – химическое действие может произвести только свет, который поглощается реагирующими молекулами. Для проведения таких химических реакций, помимо химических знаний, необходимы точные математические расчеты.

Найдем, на какой высоте h следует поместить источник света так, чтобы освещенность площадки была максимальной, в предположении, что площадка не перпендикулярна лучам (рис. 1).

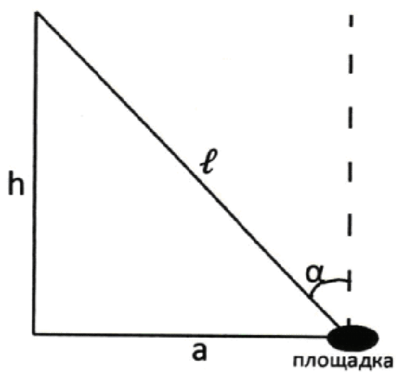

Рис. 1

Известно, что освещенность площадки обратно пропорциональна квадрату ее расстояния от источника света и прямо пропорциональна косинусу угла падения световых лучей $J = \frac{k}{l^2} \cdot \cos\alpha$. Определяя из чертежа $l^2 = h^2 + a^2$ и $\cos\alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2 + a^2}}$, приходим к функции $J = \frac{k \cdot h}{(h^2 + a^2)^{3/2}}$.

Исследуем полученную функцию на максимум методами дифференциального исчисления.

Найдем производную составленной функции по переменной h

$$\frac{dJ}{dh} = k\frac{a^2 - 2h^2}{(h^2 + a^2)^{5/2}} .$$

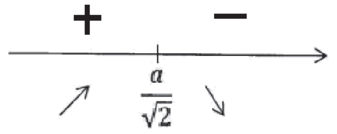

Рис. 2

Данная функция имеет одну неотрицательную критическую точку $h = \dfrac{a}{\sqrt{2}} \approx 0,707a$. В этой точке производная меняет знак с «+» на «–» (рис. 2). Следовательно, найденное значение h есть точка максимума, а значит, является искомой высотой.

В ходе проделанной работы выявлено, что для достижения максимальной освещенности площадки при фотохимических процессах необходимо, чтобы источник света находился на высоте равной 70,7% от расстояния между освещаемой площадкой и основанием опоры источника света.

Список литературы

1. Окабе Х. Фотохимия малых молекул. – М., 1981
2. Барачевский В. А., Фотохромизм и его применение / В. А. Барачевский, Г. И. Лашков, В. А. Цехомский – М., 1977.
3. Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике: Полный курс. – М: Айрис-пресс, 2005.
4. http://www.chemport.ru/ Фотохимические реакции.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФИЦЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ОТ СТЕНОК СОСУДА К КИПЯЩЕЙ ВОДЕ

Мотченко А.О., Мухамбетов Е.Ю., Антипина С.Г.

Волжский политехнический институт, филиал Волгоградского государственного технического университета, Волжский, e-mail: wittcher@yandex.ru

На практике часто возникает необходимость провести анализ данных, представляющих собой нелинейную зависимость двух переменных. Нужно определить вид их функциональной связи и построить регрессионную модель, выравнивающую опытные данные. Для этого используют метод линеаризации модели. Данный метод основан на нахождении замены переменных, которая преобразует нелинейные уравнения в линейные, что в конечном итоге позволяет применять теорию линейной регрессии для построения нелинейной модели. Применение линеаризации модели позволяет лучше разобраться в качественных и количественных особенностях нелинейной системы. Так, например, можно определить вид зависимости коэффициента теплоотдачи (Y), от горизонтальной стенки к кипящей воде от разности температур стенки и кипящей воды (X):

X	6,10	7,50	8,88	11,10	12,20
Y	3185	5390	6860	10045	12740

Значительное число нелинейных зависимостей, встречающихся в химической практике, может быть описано следующими уравнениями:

$$y=a\cdot b^x; \quad (1)$$

$$y=a\cdot x^b; \quad (2)$$

$$y = \frac{x}{a+bx}. \quad (3)$$

Первое и второе уравнения легко привести к линейному виду, прологарифмировав их:

$$\ln y=\ln a+x\cdot \ln b => Y=A+Bx,$$

где $Y=\ln y$, $A=\ln a$, $B=\ln b$;

$$\ln y=\ln a+b\cdot \ln x => Y=A+bX,$$

где $Y=\ln y$, $A=\ln a$, $X=\ln x$.

Для приведения третьего уравнения к линейному виду нужно выполнить преобразование:

$$y=x/(a+bx) => x/y=a+bx => Y=a+bx,$$

где $Y=x/y$.

Вычислив для каждого уравнения (1)-(3) парные коэффициенты корреляции (0,986574) (0,995185) и (–0,93835) соответственно, приходим к выводу что модель (2) наилучшим образом характеризует рассмотренную зависимость, так как величина коэффициента корреляции для нее наивысшая. Проводим замену переменных $Y=\ln y$, $A=\ln a$, $X=\ln x$. Теперь уравнение имеет вид: $Y=A+bX$. Вычислив параметры регрессии, приходим к модели вида: $y=106,627\cdot x^{1,9067}$. Подставляя значения x_i в полученное уравнение регрессии, найдем значения коэффициента теплоотдачи, выравнивающие опытные данные:

X	6,1	7,5	8,88	11,1	12,2
Y	3185	5390	6860	10045	12740
$Y_{выравн.}$	3351,782	4970,141	6858,515	10495,68	12567,72

Построенная по вычисленным данным диаграмма представлена на рисунке.

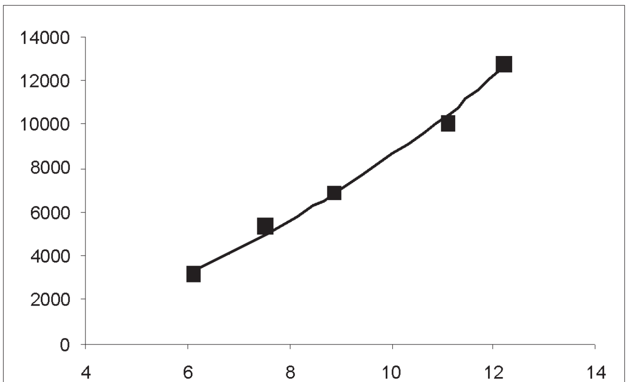

Диаграмма рассеяния и выравнивающая опытные данные линия регрессии