



Студенттер мен жас ғалымдардың
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2018»
XIII Халықаралық ғылыми конференциясы

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XIII Международная научная конференция
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2018»

The XIII International Scientific Conference
for Students and Young Scientists
«SCIENCE AND EDUCATION - 2018»



12th April 2018, Astana

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2018»
атты XIII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2018»**

**PROCEEDINGS
of the XIII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2018»**

2018 жыл 12 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2018» атты студенттер мен жас ғалымдардың XIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2018» = The XIII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2018». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2018. – 7513 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-997-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-997-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2018

Тынышбаева Қымбат Мұратжанқызы, Омирова Назгуль Имангалиқызы, Копышева Асия Кажығалиевна, Конысбекова Гульбаршын Қуатбековна
e-mail: mayira76@yahoo.co.jp

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан
 Научный руководитель – М. Ерзада

Введение

Задача предсказания пределов горения газовых смесей актуальна в вопросах обеспечения пожарной безопасности на предприятиях угольной, нефтегазовой, пищевой и химической промышленности [1, 2]. Не смотря на большие и длительные усилия ученых из многих стран строгой и точной теории концентрационных пределов к настоящему времени не существует. В одной из последних теоретических схем [3, 4] наступление концентрационных пределов связывается с потерей диффузионно-тепловой устойчивости пламени на пределе горения. Возникновение предела горения связано с существованием минимальных температур пламени соответственно для нижнего предела это $T_{\min 1}$, для верхнего предела $-T_{\min 2}$. Таким образом, главным регулирующим параметром является температура в отличие от концентрационных пределов в разреженных газах [5, 6], где аналогичным регулирующим параметром является давление.

В наиболее развитой форме температурная теория концентрационных пределов горения изложена в работе [4], где ее первичная апробация проведена на смеси метан/воздух/разбавитель, в качестве разбавителя выступают как химически инертные вещества, так и ингибиторы. Для дальнейшей проверки справедливости теории необходимо провести большой объем расчетной работы по предсказанию концентрационных пределов и сравнение полученных результатов с известными экспериментальными данными. Результаты такой работы представлены ниже для смеси водород/воздух/разбавитель.

Основные уравнения

Ниже в модели предполагается реализация реакции между водородом и кислородом по уравнению:



Для использования метода расчета [4] введем стехиометрические коэффициенты $\nu_1 = 2$, $\nu_2 = 1$, $\nu_3 = 2$, и запишем уравнение (1) в виде $\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 = \nu_3 A_3$, где A_1 – H_2 ; A_2 – O_2 ; A_3 – H_2O .

Для удобства проведения вычислений введем отношение эквивалентности

$$\phi = \frac{r_1 \nu_2}{r_2 \nu_1}.$$

Здесь r_1 , r_2 – относительные объемные концентрации веществ A_1 и A_2 . Будем считать, что в смеси присутствуют два разбавителя с относительными объемными концентрациями $r_{\text{in}1}$ и $r_{\text{in}2}$, они могут быть химически инертными или же обладать ингибирующими свойствами. Исходная смесь характеризуется уравнением $r_1 + r_2 + r_{\text{in}1} + r_{\text{in}2} = 1$.

Расчет нижнего и верхнего концентрационных пределов проводится по разным уравнениям. В частности, при $\phi \leq 1$, т.е. когда производится расчет нижнего предела, для отношения эквивалентности используется обозначение ϕ_n . Ему соответствует концентрация горючего A_1 на нижнем пределе r_n . На этом пределе имеем уравнения:

$$T_{b,\min 1} = T_0 + \frac{Q_*}{c_p} \left[\frac{(\nu_1 + \nu_2)\phi_n}{\phi_n \nu_1 + \nu_2} - \psi \right], \quad Q_* = \frac{\varepsilon_3 \nu_3}{\nu_1 + \nu_2} \frac{N_A}{\mu} (1 - r_{\text{in}1} - r_{\text{in}2}), \quad (2)$$

$$\mu = r_1\mu_1 + r_2\mu_2 + r_{in1}\mu_{in1} + r_{in2}\mu_{in2}, \quad \psi = (v_1 + v_2) \frac{v_3 K_{3,1} r_{in1} + v_3 K_{3,2} r_{in2}}{\varepsilon_3 v_3 (1 - r_{in1} - r_{in2})},$$

где c_p – теплоемкость продуктов горения при постоянном давлении; T_0 – начальная температура газовой смеси.

Константа $K_{3,1}$ имеет смысл средних чисел молекул продукта A_3 , не образующегося за счет действия одной молекулы первого ингибитора. Аналогичный смысл имеет константа $K_{3,2}$: одна молекула второго ингибитора препятствует синтезу $K_{3,2}$ молекул вещества A_3 . Из уравнений (2) находим

$$\phi_n = \frac{v_2}{v_1} \frac{c_p (T_{b,min1} - T_0) / Q_* + \psi}{1 + v_2 / v_1 - [c_p (T_{b,min1} - T_0) / Q_* + \psi]}. \quad (3)$$

Концентрация горючего на нижнем пределе r_{in} :

$$r_{in} = \frac{(1 - r_{in1} - r_{in2}) \phi_n}{\phi_n + v_2 / v_1}. \quad (4)$$

Аналогичным образом для верхнего ($\phi \geq 1$) концентрационного предела ϕ_h и r_{1h} имеем:

$$T_{b,min2} = T_0 + \frac{Q_*}{c_p} \left(\frac{v_1 + v_2}{\phi_h v_1 + v_2} - \psi \right), \quad \phi_h = \frac{1 + v_2 / v_1}{c_p (T_{b,min2} - T_0) / Q_* + \psi} - \frac{v_2}{v_1}, \quad (5)$$

Концентрацию горючего на верхнем пределе r_{1h} находим по формуле

$$r_{1h} = \frac{(1 - r_{in1} - r_{in2}) \phi_h}{\phi_h + v_2 / v_1}. \quad (6)$$

Уравнения (3)–(6) являются основными для расчета концентрационных пределов горения. Следующие ниже приведенные уравнения являются дополнительными к ним. Расчет концентрационных пределов в грубом приближении можно проводить и без них, но для большей точности их необходимо принимать во внимание.

Расчет концентрации веществ в продуктах горения

На пределы горения сильное влияние оказывает теплоемкость продуктов горения c_p , поскольку она входит в определение температуры пламени. Для нахождения c_p требуется предварительное определение концентрации веществ или их долей в продуктах горения. Нижний и верхний пределы различаются составами, поэтому каждый из них необходимо рассматривать по отдельности.

Концентрации на нижнем пределе горения ($\phi_n < 1$). В этом случае состав продуктов горения характеризуется концентрациями r'_{in1} , r'_{in2} , r'_2 , r'_3 , молярными массами и теплоемкостями первого μ_{in1} , $c_{p,in1}$ и второго μ_{in2} , $c_{p,in2}$ разбавителей; теплоемкостью и молярной массой окислителя A_2 – c_{p2} , μ_2 , и такими же физическими параметрами продукта горения A_3 – c_{p3} , μ_3 . Общая молярная масса μ_{pr} , общая теплоемкость c_p продуктов горения и их относительные массовые концентрации определяются по методу [7]:

$$\mu_{pr} = \mu_2 r'_2 + \mu_{in1} r'_{in1} + \mu_{in2} r'_{in2} + \mu_3 r'_3, \quad (7)$$

$$g'_2 = \frac{\mu_2}{\mu_{pr}} r'_2, \quad g'_{in1} = \frac{\mu_{in1}}{\mu_{pr}} r'_{in1}, \quad g'_{in2} = \frac{\mu_{in2}}{\mu_{pr}} r'_{in2}, \quad g'_3 = \frac{\mu_3}{\mu_{pr}} r'_3.$$

$$c_p = g'_2 c_{p2} + g'_{in1} c_{p,in1} + g'_{in2} c_{p,in2} + g_3 c_{p3}.$$

Концентрации на верхнем пределе горения ($\phi_h > 1$). На верхнем пределе расчет молярной массы и теплоемкости смеси из продуктов горения производится по уравнениям

$$\mu_{pr} = \mu_1 r'_1 + \mu_{in1} r'_{in1} + \mu_{in2} r'_{in2} + \mu_3 r_3, \quad (8)$$

$$g'_1 = \frac{\mu_1}{\mu_{pr}} r'_1, \quad g'_{in1} = \frac{\mu_{in1}}{\mu_{pr}} r'_{in1}, \quad g'_{in2} = \frac{\mu_{in2}}{\mu_{pr}} r'_{in2}, \quad g_3 = \frac{\mu_3}{\mu_{pr}} r_3;$$

$$c_p = g'_1 c_{p1} + g'_{in1} c_{p,in1} + g'_{in2} c_{p,in2} + g_3 c_{p3}.$$

Экспериментальные данные [8, 9] зависимости теплоемкостей газов от температуры аппроксимированы формулами (см. табл.). Эти формулы не гарантируют наилучшую аппроксимацию из всех возможных вариантов, но они позволяют оценить влияние изменения теплоемкости на пределы горения.

Таблица 1

Приближенные формулы для расчета зависимости теплоемкостей газов от температуры (давление $p = 1$ бар) и их области применимости

Газ	Приближенная формула c_p , кДж/кг·К	Интервал температуры, К	Максимальная относительная ошибка
O ₂	$c_p = 1.0697 + 0.9 \cdot 10^{-4}(T - 873)$	300 ÷ 2873	1.6 %
N ₂	$c_p = 1.1401 + 1.1 \cdot 10^{-4}(T - 873)$	300 ÷ 2873	3.0 %
H ₂	$c_p = 14.2 + 6.7 \cdot 10^{-3}(T - 273)^{0.8}$	273 ÷ 2050	2.0 %
CO ₂	$c_p = 0.8274 + 0.7 \cdot 10^{-2}(T - 273)^{0.6}$	273 ÷ 1873	2.7 %
H ₂ O	$c_p = 1.8594 + 2.914 \cdot 10^{-4}(T - 273)$	273 ÷ 2300	—

Наиболее полные экспериментальные данные по влиянию ингибиторов на концентрационные пределы смесей на основе углеводородных топлив приведены в обзоре [10]. В нем данные по концентрационным пределам приводятся с параметрами r_{air} , r_1 и r_{dil} – относительные (объемные) концентрации воздуха, горючего и одного из разбавителей (He, H₂O, CO₂, N₂ и др.), их сумма представляется уравнением [4] $r_{O_2} r_{air} + r_{N_2} r_{air} + r_1 + r_{dil} = 1$. Отсюда видно, что

$$r_2 = r_{O_2} r_{air}, \quad r_{in1} = r_{N_2} r_{air}, \quad r_{in2} = r_{dil}. \quad (9)$$

Приведем итоговые уравнения: расчет нижнего концентрационного предела r_{ln} производится по уравнениям (3), (4) и использованием уравнений [4]

$$R_{ox} = r_{in1} + r_{in2} + \left(\frac{1}{\phi_n} - 1 \right) \frac{v_2}{v_1} r_{ln} + \frac{v_3}{v_1} r_{in},$$

$$r'_{in1} = \frac{r_{in1}}{R_{ox}}, \quad r'_{in2} = \frac{r_{in2}}{R_{ox}}, \quad r'_2 = \frac{v_2}{v_1} \left(\frac{1}{\phi_n} - 1 \right) \frac{r_{ln}}{R_{ox}}, \quad r_3 = \frac{v_3}{v_1} \frac{r_{in}}{R_{ox}}.$$

Они дополняются уравнениями (7) для вычисления теплоемкости продуктов горения и уравнением (9) для определения входных параметров r_2 , r_{in1} , r_{in2} .

Для расчета верхнего концентрационного предела r_{1h} применяются уравнения (5), (6) и

$$R_{bur} = r_{in1} + r_{in2} + \left(1 - \frac{1}{\phi_h} + \frac{v_3}{v_1 \phi_h} \right) r_{1h},$$

$$r'_{in1} = \frac{r_{in1}}{R_{bur}}, \quad r'_{in2} = \frac{r_{in2}}{R_{bur}}, \quad r'_1 = \frac{(1 - 1/\phi_h) r_{1h}}{R_{bur}}, \quad r_3 = \frac{v_3}{v_1 \phi_h} \frac{r_{1h}}{R_{bur}}.$$

К ним добавляются уравнения (8) и (9). Все алгебраические уравнения для нижнего и верхнего концентрационного предела являются нелинейными относительно неизвестных r_{1n} , r_{1h} , r_{air} , r_2 и c_p . Эти уравнения решаются методом простых итераций [11]. В качестве стартовых значений неизвестных переменных r_{1n} , r_{1h} , r_2 , r_{air} необходимо брать числа из их области определения от 0 до 1. Стартовое значение теплоемкости продуктов горения c_p полагалось равной 2000 Дж/(кг·К). Условием окончания итерации принято отличие значений теплоемкости на n -й и $n + 1$ итерации на 0.01 %.

Результаты расчетов

Энтальпия образования воды в виде газа $\Delta H(H_2O) = -242$ кДж/моль [12]. Отсюда заключаем $\varepsilon_3 = -\Delta H(H_2O)/N_A = 4.02 \cdot 10^{-19}$ Дж. При высоких температурах пламени сильна роль диссоциации, с ее учетом энергию ε_3 необходимо принимать с заниженным значением [2, 6]. Поэтому она уменьшена в 1.2 раза: $\varepsilon_3 = 3.35 \cdot 10^{-19}$ Дж. Тогда для неразбавленной смеси водорода с воздухом в стехиометрическом составе ($\phi = 1$) получается температура пламени 2130 К, это находится в хорошем согласии с опытными данными.

Минимальные температуры пламени $T_{b,min1}$ и $T_{b,min2}$ представлены в виде зависимостей [4]

$$T_{min,1} = T_{lim1}(1 - a_1 r_{in2}), \quad T_{min,2} = T_{lim2}(1 - b_1 r_{in2} - b_2 r_{in2}^2),$$

где коэффициенты a_1 , b_1 , b_2 подбирались для согласования теоретических результатов с экспериментальными данными, температуры T_{lim1} , T_{lim2} полагаются известными из данных экспериментов по горению неразбавленной смеси. В частности, для смеси водород/воздух $T_{lim1} = 670$, $T_{lim2} = 2250$ К. Такой выбор температур для верхних и нижних пределов горения дает экспериментально наблюдаемые значения $r_{1n} \approx 0.05$, $r_{1h} \approx 0.8$ [10].

Теплоемкости газов O_2 , H_2 , H_2O и разбавителей рассчитывались по формулам из таблицы, где $T = T_{min,1}$ на нижнем пределе, $T = T_{min,2}$ – на верхнем пределе.

Разбавителями считались азот и углекислый газ, они химически инертны, поэтому $K_{3,1} = 0$ и $K_{3,2} = 0$. Ниже на рис. 1 представлены результаты по концентрационным пределам (а) и температурам пламени (б) для смеси водород/воздух/азот. На правых рисунках (б) кривая $T_{f,st}$ – это температура пламени в Кельвинах при стехиометрическом составе смеси, когда $\phi = 1$. Аналогичные данные для смеси водород/воздух/углекислый газ приведены на рис. 2.

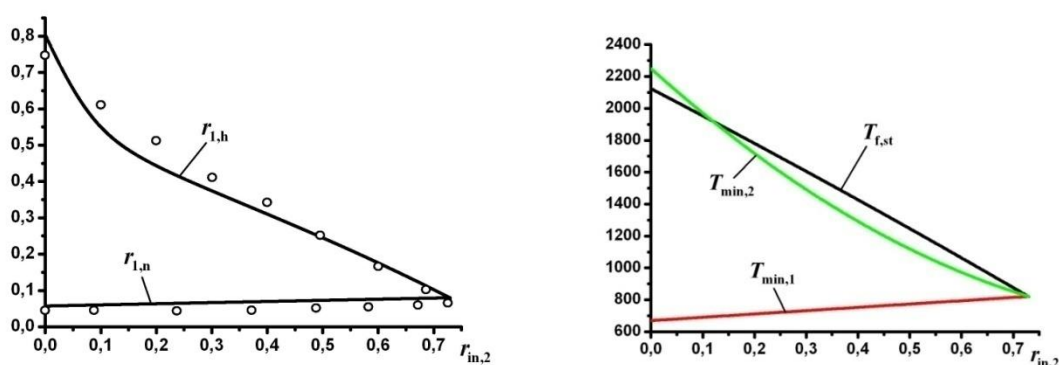


Рисунок 1 - Зависимости концентрационных пределов r_{1n} и r_{1h} от содержания азота r_{in2} . Предельная концентрация азота $r_{in,lim} = 0.73$; коэффициенты $a_1 = -0.31$, $b_1 = 1.3$, $b_2 = -0.59$. Точки – экспериментальные данные [10].

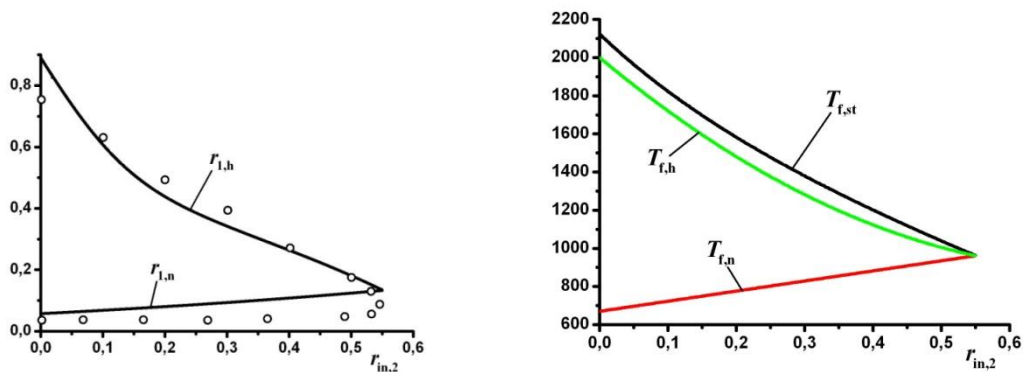


Рисунок 2 -Зависимости концентрационных пределов $r_{l,n}$ и $r_{h,n}$ от содержания углекислого газа $r_{in,2}$. Предельная концентрация углекислого газа $r_{in,lim} = 0.55$; коэффициенты $a_1 = -0.79$, $b_1 = 1.5$, $b_2 = -1.01$. Точки – экспериментальные данные [10].

Из приведенных графиков видно удовлетворительное согласие теоретических выводов с экспериментальными данными. На рис. 1,б есть участок, где температура на верхнем пределе горения превышает температуру стехиометрического состава. Эта аномалия объясняется сильной зависимостью теплоемкости c_p как от состава смеси, так ее зависимостью от температуры.

Заключение

Разработанный [3, 4] метод дает возможность находить концентрационные пределы горючих газовых смесей, включая случаи содержания в смеси ингибиторов. Принятие условия потери диффузионно-тепловой устойчивости пламени в качестве условия достижения концентрационного предела приводит к понятию минимальной температуры пламени, ниже которой горение невозможно. Эта температура различна для верхнего и нижнего предела и может зависеть от концентрации разбавителя в смеси и ее природы. На концентрационные пределы горения газов существенное влияние оказывает зависимость теплоемкости от температуры. Предложенный метод расчета можно использовать на практике в вопросах безопасности от пожаров и взрывобезопасности.

Список использованных источников

1. Маршалл В. Основные опасности химических производств. Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1990.
2. Baker W.E., Cox P.A., Westine P.S., Kulesz J.J., Strehlow R.A. Explosion Hazards and Evaluation. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam – Oxford – New York, 1983.
3. Sabdenov K.O., Baitasov T.M. Thermal Nature of Concentration Limits of Combustion // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 2015. Vol. 88. No. 3. P. 743-748.
4. Sabdenov K.O. Determining flammability limits by analyzing diffusive-thermal flame instability. Methane/Air/Diluent mixture // Combustion, Explosion and Shock Waves, 2016, Vol. 52. Issue. 4. P.394–404.
5. Семенов Н.Н. Цепные реакции. 2-е изд. – Москва: Наука, 1986.
6. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.М. Математическая теория горения и взрыва. – Москва: Наука, 1980.
7. Кудинов В. А. Техническая термодинамика. – Москва: Высшая школа, 2000.
8. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам жидкостей и газов: Издание 2-е. – Москва: Наука, 1972.
9. Справочник химика. /Под ред. Б. П. Никольского. – Москва-Ленинград: Химия, 1982.
10. Zabetakis M. G. Flammability characteristics of combustible gases and vapors // Bureau of Mines, Bulletin 627. Washington, U.S., 1965.

11. Калиткин Н. Н. Численные методы. – Москва: Наука, 1978.
12. Spalding D. B. Combustion and Mass Transfer. Pergamon Press: Oxford, New York, 1979.

УДК 621.11

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ ТЭЦ г.АКТОБЕ

Хаменова Назым Бакыткелдіқызы

khamenova_nb@mail.ru

студентка 4 курса специальности 5В071700 «Теплоэнергетика»,
ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – М.Айтмагамбетова

Учитывая глобальные энергетические вызовы XXI века, Республика Казахстан определила новый политический курс своего социально-экономического развития, в котором взят вектор на повышение энергетической безопасности и стабильности. Это отражено в ряде посланий Президента Республики Казахстан народу, а также национальной стратегии развития страны, где поставлены задачи по устойчивому и сбалансированному росту экономики [1, 2]. Одним из приоритетов развития энергетического сектора Республики является повышение энергосбережения и энергоэффективности.

Как показывает мировой опыт, огромный потенциал энергосбережения и повышения энергоэффективности имеется в промышленном секторе. И первым шагом в определении этого потенциала является проведение энергоаудита. На данный момент, правительства многих стран приняли ряд программ и законов, которые способствуют повышению энергоэффективности и конкурентоспособности их промышленного сектора. Промышленные предприятия Казахстана потребляет 69,7 % от общего потребления электроэнергии и 51,7 % от общего потребления тепла в стране [3]. Таким образом, снижение энергопотребления в промышленном секторе Республики окажет существенное влияние на сокращение потребления энергоресурсов и выбросов парниковых газов в стране.

Для достижения поставленных задач был принят ряд законов, направленных на повышение эффективности использования энергетических ресурсов во всех отраслях экономики, всех регионах и стране в целом [3, 4]. Основоположным среди этих законов является закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», который обязывает субъекты, потребляющие более 1500 т у.т. проводить энергоаудит и внедрять энергосберегающие мероприятия, рекомендованные по результатам его проведения.

Энергетический аудит является одной из форм реализации государственной политики Республики Казахстан по энергосбережению, направленной на снижение энергоемкости валового внутреннего продукта Республики Казахстан и повышение энергоэффективности экономики путем снижения энергопотребления и сокращения неэффективного использования топливно-энергетических ресурсов.

В Актюбинской области три поставщика электричества – АО «Актобе ТЭЦ», ТОО «Жаназолская ГТЭС» и АО «ТНК «Казхром». На сегодняшний день более 50 % потребляемого электричества область импортирует извне.

Актюбинская ТЭЦ с установленной электрической мощностью 102 МВт и тепловой 1139 Гкал/ч, находится по 312 Стрелковой дивизии г. Актобе и обеспечивает теплом и электричеством город Актобе.

Актюбинская ТЭЦ сдана в эксплуатацию в 1943 году как подведомственный цех Актюбинского завода ферросплавов. В начале 60-х годов ТЭЦ была передана в управление Министерства энергетики и электрофикации как независимое предприятие, удовлетворяющее не только потребности завода ферросплавов, но и всего города. В период с 1999 по 2003 года была в частной собственности. С 2003 года была возвращена государству, с 2006 же года является акционерным обществом.