

Существуют различные подходы к обработке экспериментальных данных с целью определения кинетических характеристик процесса. Для образцов исходного угля или коксового остатка наиболее распространенным выражением расчета энергии активации, предэкспоненциального множителя и порядка реакции является следующее [3]:

$$\frac{dX}{dt} = k(T)f(X)P_c^n, \quad (1)$$

где  $X$  – степень конверсии угля,  $f(X)$  – фактор формы, который зависит от физико-химических свойств частицы,  $P_c$  – парциальное давление газа-реагента (Па),  $n$  – порядок реакции,  $k(T)$  – константа скорости химического реагирования (1/с).

Выражение для константы скорости химического реагирования может быть записано в виде:

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad (2)$$

где  $k_0$  – предэкспоненциальный множитель (1/с),  $E$  – энергия активации, (кДж/моль).

Принимая для конверсии угля значение  $f(X)=1-X$ , можно использовать метод нелинейной регрессии для подбора значений  $k_0$ ,  $E$  и  $n$ , чтобы полученное уравнение наиболее близко описывало экспериментальную кривую конверсии экибастузского угля.

Таким образом, можно сделать вывод, что метод термогравиметрического анализа позволяет исследовать конверсию образцов угля в широком температурном диапазоне и в различных газовых средах. В дальнейших опытах планируется перейти от исследований в инертной среде к исследованию конверсии в воздушной и паровоздушной атмосфере. Полученные данные по удельной скорости реагирования, кинетическим параметрам, концентрации продуктов реакции планируются использовать на втором этапе при моделировании энергетических реакторов в пакетах вычислительной гидрогазодинамики.

#### *Библиографический список*

1. Рыжков А.Ф. [и др.]. Разработка низкотемпературных реакторов термохимической конверсии для угольной энергетики / А.Ф. Рыжков, Т.Ф. Богатова, Н.В. Вальцев и др. // Теплоэнергетика. 2013. № 12. С. 47-55.
2. Энергетические угли восточной части России и Казахстана: Справочник / В.В. Богомолов, Н.В. Артемьева, А.Н. Алехнович, Н.В. Новицкий (УралВТИ), Н.А. Тимофеева (СибВТИ). Челябинск: УралВТИ, 2004. 304 с.
3. Liu H. Combustion of Coal Chars in O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> Mixtures: A Comparative Study with Non-isothermal Thermogravimetric Analyzer (TGA) Tests // Energy Fuels. 2009. Vol. 23. P. 4278–4285.

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОДНОГО ИЗ РАЙОНОВ ГОРОДА ОРСКА**

*Девуцкая Н.А., Плужникова Н.А., Картавец С.В.  
Московский институт стали и сплавов, Новотроицкий филиал*

Системы коммунального теплоснабжения в климатических условиях Восточного Оренбуржья (города Орск, Новотроицк, Гай, Медногорск, Кувандык, Ясный; районы Домбаровский, Новоорский, Кваркенский) работают в

достаточно суровых условиях. Температура наружного воздуха за отопительный период для Восточного Оренбуржья (расчётная для отопления)  $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$  [1]. Температура наружного воздуха за отопительный период (абсолютный минимум) –  $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура наружного воздуха за отопительный период –  $-7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность отопительного периода – 4896 ч. Скорость ветра в январе – 5,0 м/с.

В таких условиях перерыв в теплоснабжении жилого района при низких температурах приводит к тяжелейшим последствиям: размораживанию систем отопления, теплоснабжения жилья и социальных объектов, необходимости эвакуации, расселения и жизнеобеспечения населения.

Вопрос надёжности теплоснабжения потребителей тепловой энергии при таких климатических условиях очень актуален. В качестве положительного примера надёжности схем теплоснабжения можно привести схему теплоснабжения г. Новотроицка. В декабре 2012 г. на ТЭЦ «Уральская Сталь» произошла серьёзнейшая авария – остановились все котлоагрегаты, циркуляционные насосы. При этом температура наружного воздуха была  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ТЭЦ «Уральская Сталь» является основным поставщиком тепловой энергии – с её помощью покрываются около 80 % тепловой нагрузки. Преимущество схемы теплоснабжения г. Новотроицка в том, что параллельно на тепловую сеть в системе работают две котельных, которые и покрывают 20 % нагрузки, но в аварийной ситуации при отключении основного источника тепла включение в работу пиковых котельных позволило обеспечить сохранность магистральных тепловых сетей и систем теплоснабжения потребителей.

Достаточно частой причиной массового останова котельных является перерыв электроснабжения, как это было зимой 2005/2006 гг. в г. Болохов Тульской области. Встали все четыре котельных, и город замерз.

В отличие от других причин типа порывов теплосетей, которые в принципе устранимы, например, их обновлением, погодные причины нарушения теплоснабжения из-за перерывов электроснабжения котельных не устранимы при получении котельными электроэнергии от сети [2, 3].

Все это в высшей степени актуализирует вопросы надёжности теплоснабжения в зимний период.

Один из жилых районов г. Орска отапливается тремя независимыми котельными с отопительной мощностью 30, 40 и 50 Гкал/ч. Отсутствие связей по теплу создает серьёзную угрозу при аварийном отключении одного из источников теплоты. Один из вариантов решения проблемы представлен на рисунке.

Безопасность системы теплоснабжения определяется следующими показателями:

- резервирование системы теплоснабжения;
- бесперебойная работа источников тепловой энергии, тепловых сетей и системы теплоснабжения в целом;
- способность источников тепловой энергии, тепловых сетей и системы теплоснабжения в целом сохранять свою работоспособность в аварийных ситуациях.

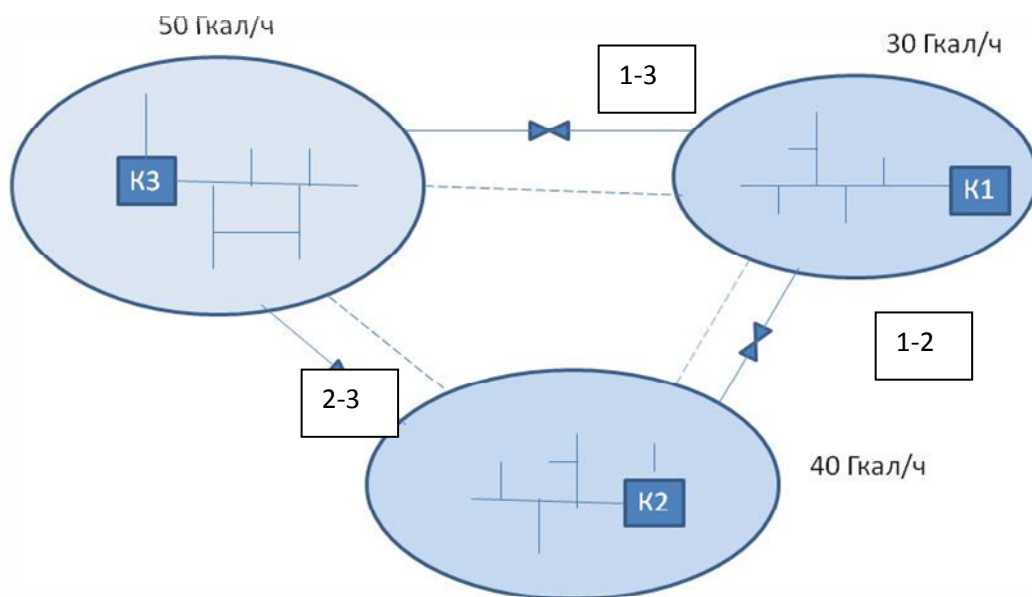


Схема теплоснабжения одного из районов г.Орска

Возможным решением по резервированию источников теплоты могут стать две или три переключки между тремя автономными системами.

Расчетами установлено, что возможны три аварийных случая потери суммарной мощности при отключении только одного источника теплоты:

Таблица 1

Возможные случаи аварийного отключения (АО) одного из трех источников теплоснабжения

	1	2	3	Сумма	
	Гкал/ч	Гкал/ч	Гкал/ч	Гкал/ч	%
Норма	30	40	50	120	100
I	–	40	50	90	75
II	30	–	50	80	67
III	30	40	–	70	58

При аварийном отключении любого источника энергии суммарная мощность трех систем снижается, а на аварийный участок должна поступать тепловая энергия по двум независимым переключкам минимальных диаметров, так как это потребует наименьших капитальных и эксплуатационных затрат.

Диаметры переключек определяются пропускной способностью теплопроводов при обычном гидравлическом режиме.

Таблица 2

Пропускная способность трубопроводов по теплоте и по теплоносителю [4]

Диаметр трубы, мм	Пропускная способность			
	По теплоте		По теплоносителю	
	Вода	Пар	Вода	Пар
	Гкал/ч		т/ч	
300	26,6	12,2	444	22,2
350	40,3	18,5	672	33,6
400	56,5	26,0	940	47,0

Исходя из табличных данных, значения минимальных диаметров перемычек могут составить (табл. 3):

Таблица 3

Принятые диаметры перемычек на аварийную мощность, перебрасываемую на аварийный участок по двум трубам

	1-2	2-3	3-1	Сумма	
	м	м	м	Гкал/ч	%
I	0,300	–	0,400	80	67
II	0,300	0,350	–	70	58
III	–	0,350	0,400	90	75

Таким образом, надежность теплоснабжения данного жилого района может быть значительно повышена.

Еще большую надежность может обеспечить кольцевой коллектор для всех трех районов, но это потребует больших затрат.

*Библиографический список*

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М: Издательство МЭИ, 2001. 432 с.
2. <http://www.combienergy.ru/stat997.html>
3. Картавцев С.В. Современные проблемы теплоэнергетики. Магнитогорск: МГТУ, 2012. 59 с.
4. [http://www.baurum.ru/\\_library/?cat=heat-consumption&id=4034](http://www.baurum.ru/_library/?cat=heat-consumption&id=4034)

## **ШКОЛА УМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ (АИИС КУЭ ШКОЛЫ)**

*Ерошенко С.А., Егоров А.О.  
УрФУ, eao@daes.ustu.ru, stas\_ersh@mail.ru*

С 2007 г. Уральский федеральный университет, совместно с Фондом «Надёжная Смена», реализует программу профессиональной ориентации по программе «Электроэнергетика» среди школьников г. Екатеринбурга. В рамках проекта, в одной базовой школе (Лицей № 130), предусмотрено создание стационарной экспериментальной лаборатории на основе трёхуровневой автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учёта электрической энергии (АИИС КУЭ). Вся измерительная информация от системы АИИС КУЭ, в т.ч. коммерческая, в оперативном режиме выкладывается на специально созданный сайт в численном и графическом виде в открытый для всех, в том числе учеников, доступ. Для ведения занятий в лаборатории создана новая учебная программа «Энергоэффективность бытовых потребителей», которая будет внедрена в учебный процесс в Лицее № 130 и Уральском федеральном университете.

Такая постановка образовательного процесса, обеспечивающая оперативный smart-доступ к измерительной информации от системы АИИС КУЭ школы, позволяет наглядно довести до бытовых потребителей электрической энергии (в т.ч. преподавателей и учеников) проблемы энергетической эффективности и самое главное, что это такое и какими средствами и методами она достигается. Создание схемы обучения по принципу «система электроснабжения и потреби-