



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Мониторинг энергопотребления и энергосбережения

ASE: Александр Николаенко
ОптимЭнерго: Михаил Тарновский



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Три аксиомы энергетического менеджмента

- НЕЛЬЗЯ УПРАВЛЯТЬ ТЕМ, ЧТО НЕ ИЗМЕРЯЕТСЯ!***
- ИЗМЕРЕНИЯ БЕЗ АНАЛИЗА – БЕСПОЛЕЗНЫ!***
- ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТА НУЖНЫ ДЕЙСТВИЯ!***



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Понятие методики Контроля и Нормализации (КиН)

Методика КиН – это КОНТРОЛЬ использования энергии и технологических показателей (влияющих факторов) через регулярные интервалы времени (дни, недели, месяцы) с целью определения эффективности использования энергии, и **НОРМАЛИЗАЦИЯ** уровня потребления энергии, заключающаяся в недопущении перерасходов энергоресурсов.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Основные термины

➤ Выборка данных

Совокупность фактических значений расходов энергии, влияющего фактора за определенный интервал времени. Из статистических соображений рекомендуется, чтобы число значений (объем выборки) составляло не менее 30.

➤ Влияющий фактор

Какой-либо технологический показатель (температура, количество продукции), от которого зависит фактическое энергопотребление.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM

➤ **Уравнение регрессии**

Математическая модель, описывающая зависимость расходов энергии от влияющего фактора.

➤ **Коэффициент детерминации (квадрат коэффициента корреляции)**

Показатель, характеризующий качественно-количественную оценку связи между расходом энергии и определяющим фактором.

➤ **Базовая линия энергопотребления**

Линия энергопотребления, определенная графическим путем и описываемая соответствующим уравнением регрессии, относительно которой проводят анализ фактических расходов энергии для выбранного объекта.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

➤ **Целевая линия энергопотребления**

Линия энергопотребления, определенная графическим путем и описываемая соответствующим уравнением регрессии, которая характеризует желаемый уровень энергопотребления объекта для достижения экономии энергии.

➤ **Ведомость мониторинга энергопотребления**

Таблица сводных значений базовых (и/или целевых) и фактических значений энергопотребления для выбранного объекта, величин перерасхода/экономии энергии в натуральном и денежном выражении.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Линейное уравнение регрессии

$$Y = a \cdot X + b,$$

где: Y – расход энергоресурса,

X – величина определяющего фактора,

a – коэффициент зависимости, означающий переменную составляющую расхода энергоресурса, зависящую от определяющего фактора,

b – коэффициент зависимости, означающий постоянную составляющую расхода энергоресурса, не зависящую от определяющего фактора.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING
REFORM

Коэффициенты уравнения регрессии

Базовая нагрузка b (при $x=0$) – это количество потребленной энергии, когда переменная величина равна нулю. Это «текущие потери», которые могут показывать на потенциальную экономию.

Переменная нагрузка ($a \cdot X$) – это количество энергии, необходимое для каждой дополнительной единицы переменной величины (влияющего фактора). То есть, сколько еще энергии будет необходимо для производства дополнительной единицы продукции.



Схема применения методики КиН



Показания счетчиков

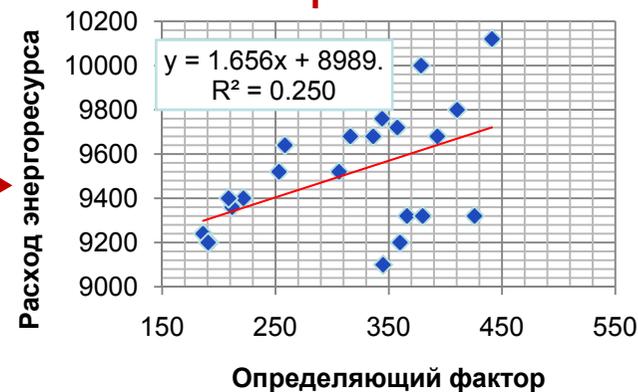
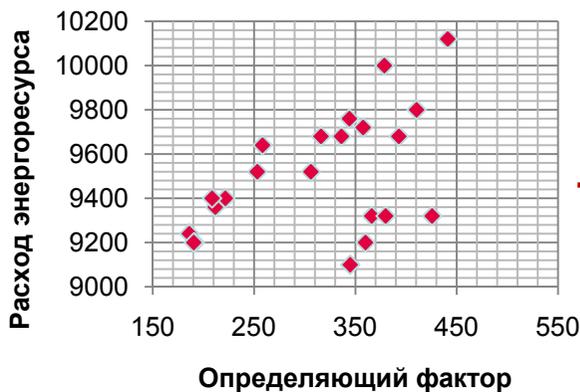


Определяющий фактор



Дни	Фактор	Потребление энергии в нат. ед.		Отклонение, ΔQ , $\Delta Q = Q_{\Phi} - Q_{Б}$	Тариф, грн. за ед. ТЭР,	Стоимость грн., $C = \Delta Q \times T$
		Фактическое потребление, Q_{Φ}	Потребление при базовой линии, $Q_{Б}$			
01						
02						
...						
31						
Аккумуляция суммы						

Дата	ТЭР	Фактор
01.	9600	320
02.	9450	180
03.	9100	190
...
31.	9500	300





USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

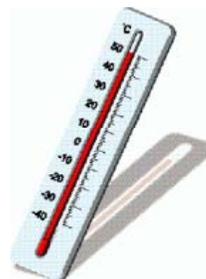
MUNICIPAL HEATING REFORM

Исходные данные

Исходными данными для проведения анализа энергопотребления выбранного объекта с использованием методики КиН являются:

а) Фактические значения расходов ТЭР за определенный интервал времени на основании показаний СИТ.

б) Фактические значения влияющего фактора (отпуск тепловой энергии, температура наружного воздуха и т.д.) за тот же интервал времени (желательно – на основании показаний СИТ).





USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING
REFORM

Выборка исходных данных (MS Excel)

В процессе мониторинга энергопотребления объекта (например, здания) энергоменеджер в среде MS Excel формирует выборку исходных данных в виде таблицы, в столбцах которой зафиксированы дата, соответствующие ей значения расхода энергии и определяющего фактора.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM

	A	B	C	D	E
	Дата	Среднесуточная температура наружного воздуха град. С	Градусосутки	Потребление тепловой энергии, Гкал	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7	01.01.2010	-3	23	8,95	
8	02.01.2010	-8,3	28,3	10,02	
9	03.01.2010	-8	28	10,52	
10	04.01.2010	-12,3	32,3	10,75	
11	05.01.2010	-11,1	31,1	11,26	
12	06.01.2010	-9,1	29,1	11,59	
13	07.01.2010	-6,9	26,9	11,09	
14	08.01.2010	-7,7	27,7	11,09	
15	09.01.2010	-3,8	23,8	10,46	
16	10.01.2010	-0,2	20,2	9,98	
17	11.01.2010	0,5	19,5	10,13	
18	12.01.2010	1,5	18,5	10,03	
19	13.01.2010	3,4	16,6	9,11	
20	14.01.2010	2,5	17,5	8,93	
21	15.01.2010	3,3	16,7	8,62	
22	16.01.2010	2,4	17,6	8,99	
23	17.01.2010	1	19	9,93	
24	18.01.2010	-1,2	21,2	9,68	
25	19.01.2010	-0,2	20,2	9,48	
26	20.01.2010	2,83	17,17	8,88	
27	21.01.2010	3,54	16,46	8,68	
28	22.01.2010	7,5	12,5	8,09	
29	23.01.2010	3,6	16,4	8,18	
30	24.01.2010	2,4	17,6	8,62	
31	25.01.2010	3,5	16,5	8,11	
32	26.01.2010	5,8	14,2	8,41	
33	27.01.2010	4,3	15,7	8,16	
34	28.01.2010	1,3	18,7	8,02	
35	29.01.2010	-0,3	20,3	8,34	
36	30.01.2010	1,3	18,7	8,43	
37	31.01.2010	3,7	16,3	8,45	



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Точечная диаграмма

В результате сбора исходных данных энергоменеджер располагает выборкой значений расходов ТЭР и определяющего фактора.

С помощью ПО MS Excel энергоменеджер должен нанести исходные данные на координатную плоскость.

Это достигается выбором и вставкой точечной диаграммы из соответствующего пункта меню MS Excel.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM

Исходные данные для практических заданий.xls [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Сводная Таблица Таблицы Рисунок Клип Фигуры SmartArt Иллюстрации Гистограмма График Круговая Линейчатая Диаграммы С областями Точечная Другие диаграммы Гиперссылка Надпись Колонтитулы

Н14 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	N	O
1												
2												
3												
4	Дата	Среднесуточная температура наружного воздуха град. С	Градусосутки	Потребление тепловой энергии, Гкал								
5												
6												
7	01.01.2010	-3	23	8,95								
8	02.01.2010	-8,3	28,3	10,02								
9	03.01.2010	-8	28	10,52								
10	04.01.2010	-12,3	32,3	10,75								
11	05.01.2010	-11,1	31,1	11,26								
12	06.01.2010	-9,1	29,1	11,59								
13	07.01.2010	-6,9	26,9	11,09								
14	08.01.2010	-7,7	27,7	11,09								
15	09.01.2010	-3,8	23,8	10,46								
16	10.01.2010	-0,2	20,2	9,98								
17	11.01.2010	0,5	19,5	10,13								
18	12.01.2010	1,5	18,5	10,03								
19	13.01.2010	3,4	16,6	9,11								
20	14.01.2010	2,5	17,5	8,93								
21	15.01.2010	3,3	16,7	8,62								
22	16.01.2010	2,4	17,6	8,99								
23	17.01.2010	1	19	9,93								

Точечная

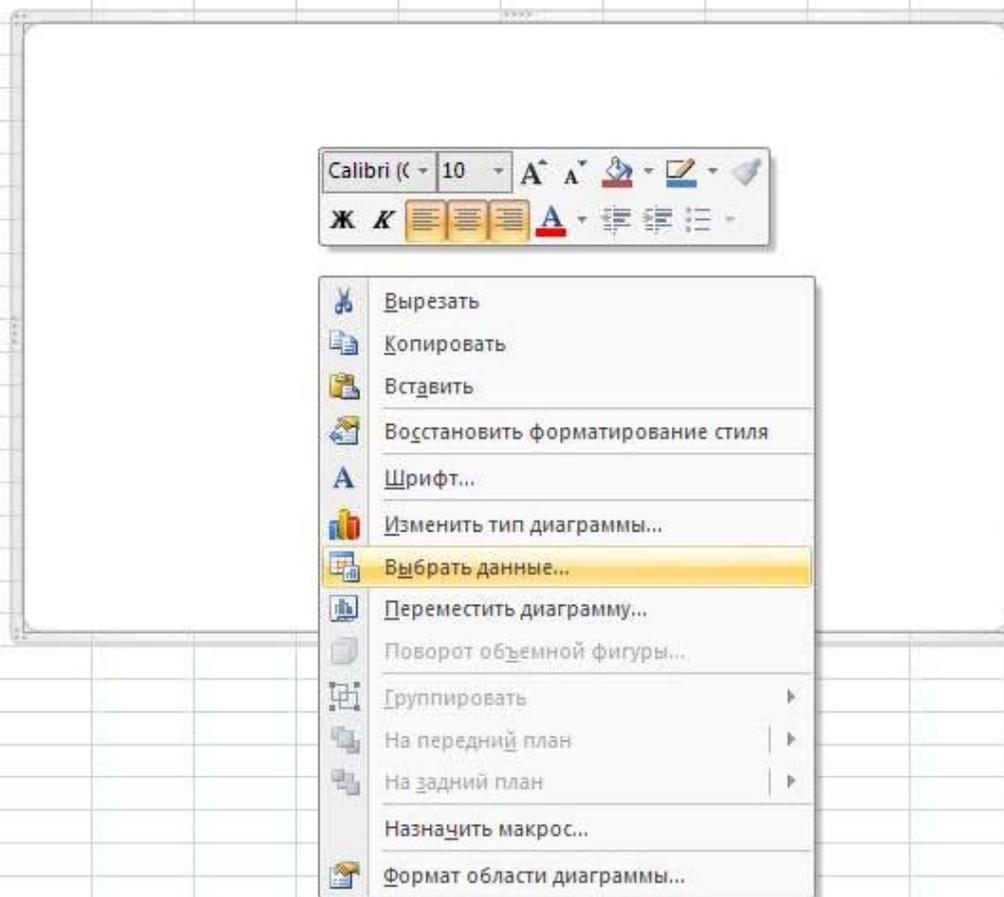
Точечная с маркерами
Сравнение пар значений.
Применяется, если сравниваемые значения нельзя расположить на оси X либо они относятся к независимым измерениям.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM

Дата	Среднесуточная температура наружного воздуха град. С	Градусосутки	Потребление тепловой энергии, Гкал
01.01.2010	-3	23	8,95
02.01.2010	-8,3	28,3	10,02
03.01.2010	-8	28	10,52
04.01.2010	-12,3	32,3	10,75
05.01.2010	-11,1	31,1	11,26
06.01.2010	-9,1	29,1	11,59
07.01.2010	-6,9	26,9	11,09
08.01.2010	-7,7	27,7	11,09
09.01.2010	-3,8	23,8	10,46
10.01.2010	-0,2	20,2	9,98
11.01.2010	0,5	19,5	10,13
12.01.2010	1,5	18,5	10,03
13.01.2010	3,4	16,6	9,11
14.01.2010	2,5	17,5	8,93
15.01.2010	3,3	16,7	8,62
16.01.2010	2,4	17,6	8,99
17.01.2010	1	19	9,93
18.01.2010	-1,2	21,2	9,68
19.01.2010	-0,2	20,2	9,48
20.01.2010	2,83	17,17	8,88
21.01.2010	3,54	16,46	8,68
22.01.2010	7,5	12,5	8,09
23.01.2010	3,6	16,4	8,18
24.01.2010	2,4	17,6	8,62
25.01.2010	3,5	16,5	8,11
26.01.2010	5,8	14,2	8,41
27.01.2010	4,3	15,7	8,16
28.01.2010	1,3	18,7	8,02
29.01.2010	-0,3	20,3	8,34
30.01.2010	1,3	18,7	8,43





H14

Дата	Среднесуточная температура наружного воздуха град. С	Градусосутки	Потребление тепловой энергии, Гкал
01.01.2010	-3	23	8,95
02.01.2010	-8,3	28,3	10,02
03.01.2010	-8	28	10,52
04.01.2010	-12,3	32,3	10,75
05.01.2010	-11,1	31,1	11,26
06.01.2010	-9,1	29,1	11,59
07.01.2010	-6,9	26,9	11,09
08.01.2010	-7,7	27,7	11,09
09.01.2010	-3,8	23,8	10,46
10.01.2010	-0,2	20,2	9,98
11.01.2010	0,5	19,5	10,13
12.01.2010	1,5	18,5	10,03
13.01.2010	3,4	16,6	9,11
14.01.2010	2,5	17,5	8,93
15.01.2010	3,3	16,7	8,62
16.01.2010	2,4	17,6	8,99
17.01.2010	1	19	9,93
18.01.2010	-1,2	21,2	9,68
19.01.2010	-0,2	20,2	9,48
20.01.2010	2,83	17,17	8,88
21.01.2010	3,54	16,46	8,68
22.01.2010	7,5	12,5	8,09
23.01.2010	3,6	16,4	8,18

Выбор источника данных

Диапазон данных для диаграммы:

Строка/столбец

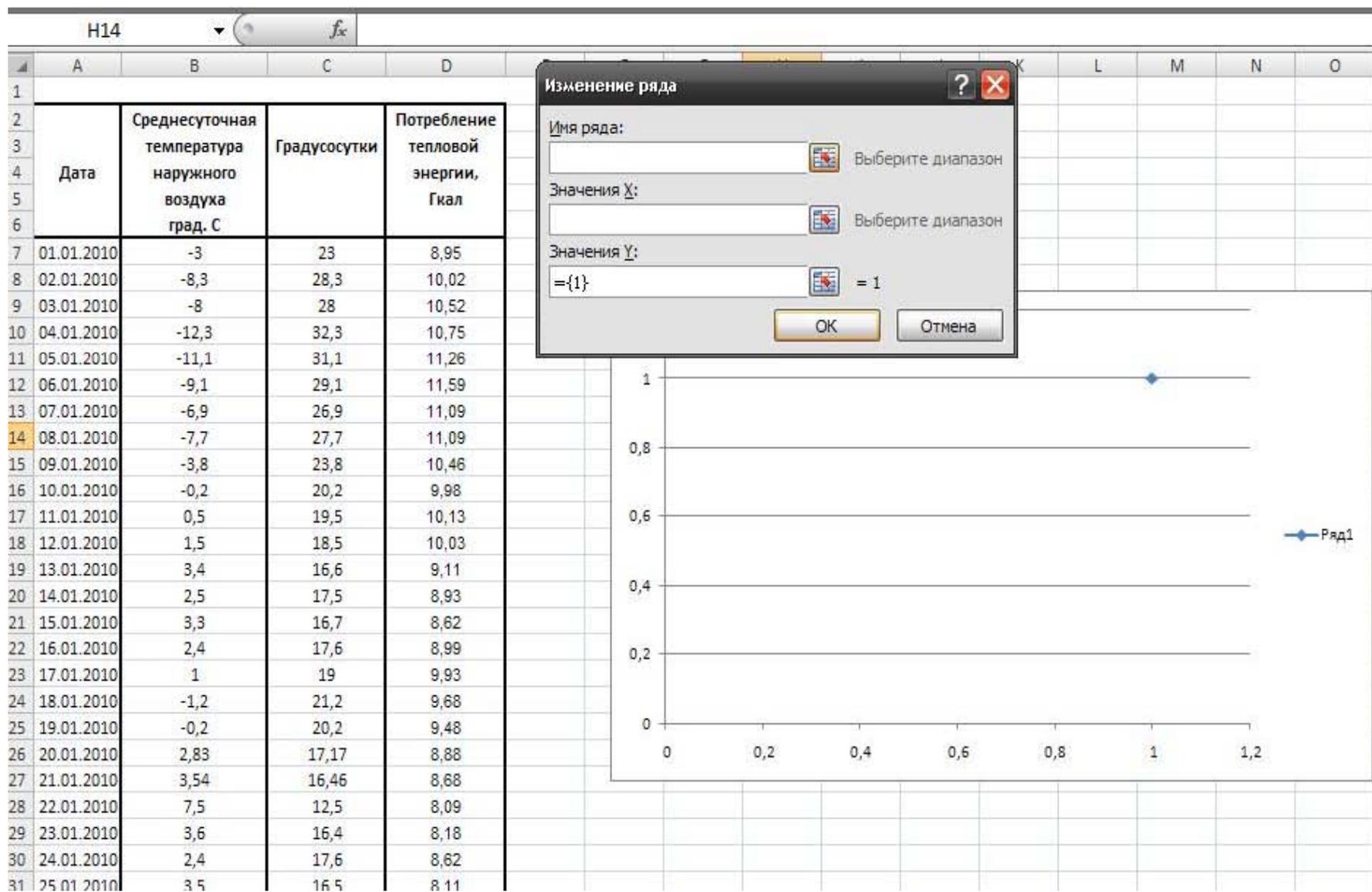
Элементы легенды (ряды):

Подписи горизонтальной оси (категории):



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM





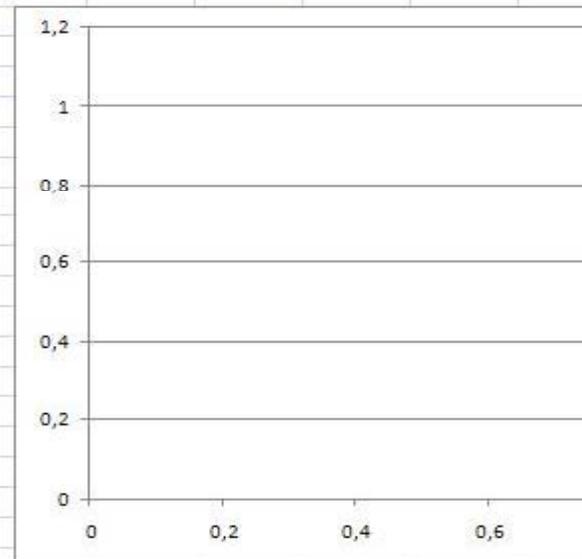
USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM

Дата	Среднесуточная температура наружного воздуха град. С	Градусосутки	Потребление тепловой энергии, Гкал
01.01.2010	-3	23	8,95
02.01.2010	-8,3	28,3	10,02
03.01.2010	-8	28	10,52
04.01.2010	-12,3	32,3	10,75
05.01.2010	-11,1	31,1	11,26
06.01.2010	-9,1	29,1	11,59
07.01.2010	-6,9	26,9	11,09
08.01.2010	-7,7	27,7	11,09
09.01.2010	-3,8	23,8	10,46
10.01.2010	-0,2	20,2	9,98
11.01.2010	0,5	19,5	10,13
12.01.2010	1,5	18,5	10,03
13.01.2010	3,4	16,6	9,11
14.01.2010	2,5	17,5	8,93
15.01.2010	3,3	16,7	8,62
16.01.2010	2,4	17,6	8,99
17.01.2010	1	19	9,93
18.01.2010	-1,2	21,2	9,68
19.01.2010	-0,2	20,2	9,48
20.01.2010	2,83	17,17	8,88
21.01.2010	3,54	16,46	8,68
22.01.2010	7,5	12,5	8,09
23.01.2010	3,6	16,4	8,18
24.01.2010	2,4	17,6	8,62
25.01.2010	3,5	16,5	8,11
26.01.2010	5,8	14,2	8,41
27.01.2010	4,3	15,7	8,16
28.01.2010	1,3	18,7	8,02
29.01.2010	-0,3	20,3	8,34
30.01.2010	1,3	18,7	8,43
31.01.2010	3,7	16,3	8,45

Изменение ряда

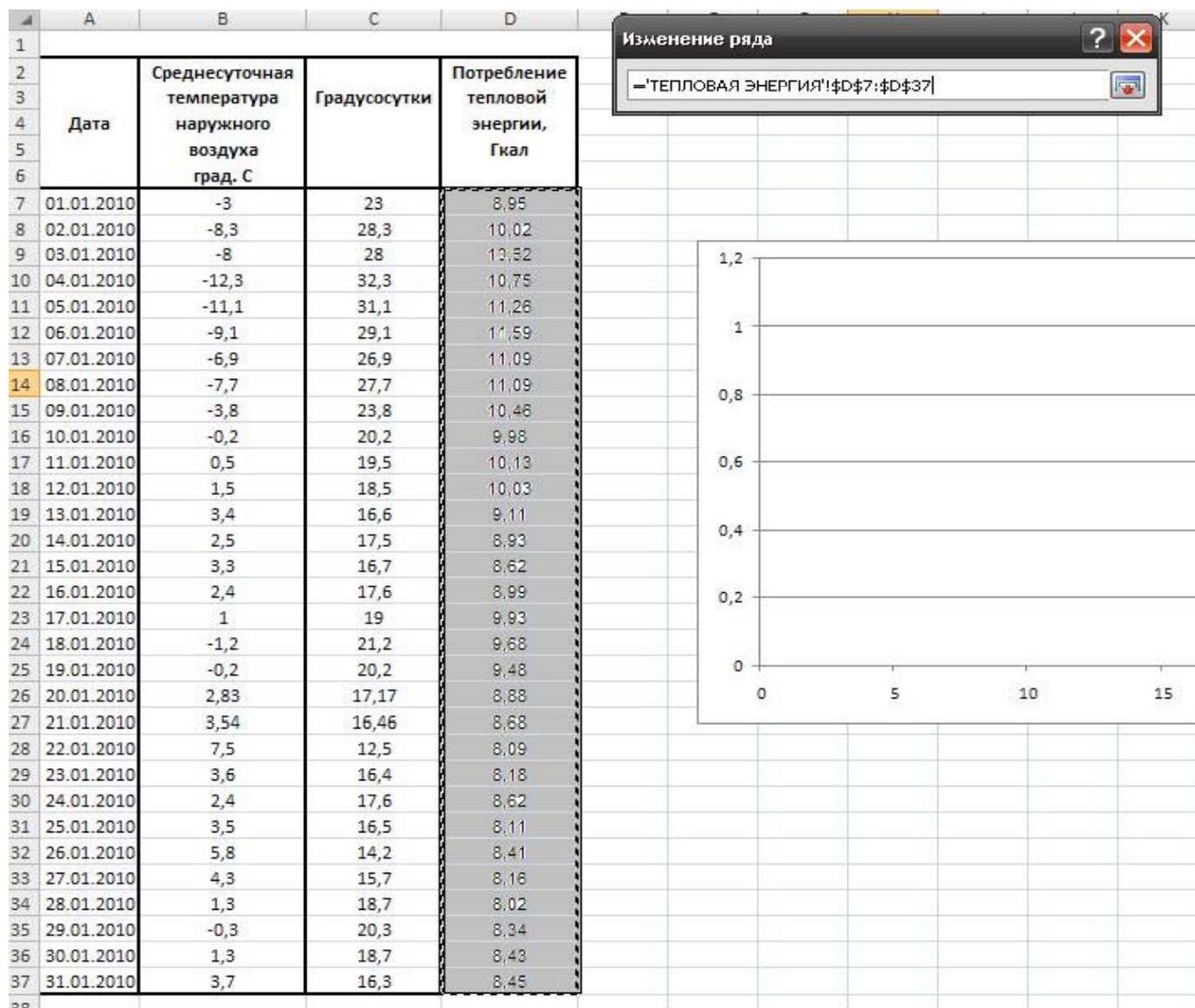
='ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ'!\$C\$7:\$C\$37





USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM





USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM

Дата	Среднесуточная температура наружного воздуха град. С	Градусосутки	Потребление тепловой энергии, Гкал
01.01.2010	-3	23	8,95
02.01.2010	-8,3	28,3	10,02
03.01.2010	-8	28	10,52
04.01.2010	-12,3	32,3	10,75
05.01.2010	-11,1	31,1	11,26
06.01.2010	-9,1	29,1	11,59
07.01.2010	-6,9	26,9	11,09
08.01.2010	-7,7	27,7	11,09
09.01.2010	-3,8	23,8	10,46
10.01.2010	-0,2	20,2	9,98
11.01.2010	0,5	19,5	10,13
12.01.2010	1,5	18,5	10,03
13.01.2010	3,4	16,6	9,11
14.01.2010	2,5	17,5	8,93
15.01.2010	3,3	16,7	8,62
16.01.2010	2,4	17,6	8,99
17.01.2010	1	19	9,93
18.01.2010	-1,2	21,2	9,68
19.01.2010	-0,2	20,2	9,48
20.01.2010	2,83	17,17	8,88
21.01.2010	3,54	16,46	8,68
22.01.2010	7,5	12,5	8,09
23.01.2010	3,6	16,4	8,18
24.01.2010	2,4	17,6	8,62

Выбор источника данных

Диапазон данных для диаграммы: `=ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ!C7:D37`

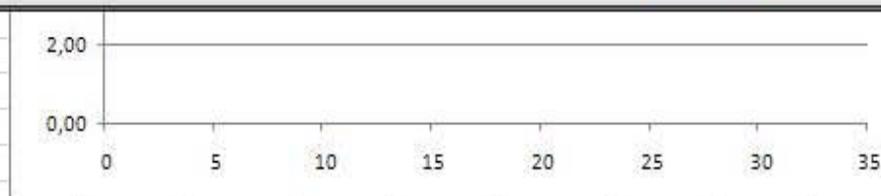
Строка/столбец

Элементы легенды (ряды):
Добавить | Изменить | Удалить | ↑ | ↓
Ряд1

Подписи горизонтальной оси (категории):
Изменить
23
28,3
28
32,3
31,1

Скрытые и пустые ячейки

OK | Отмена

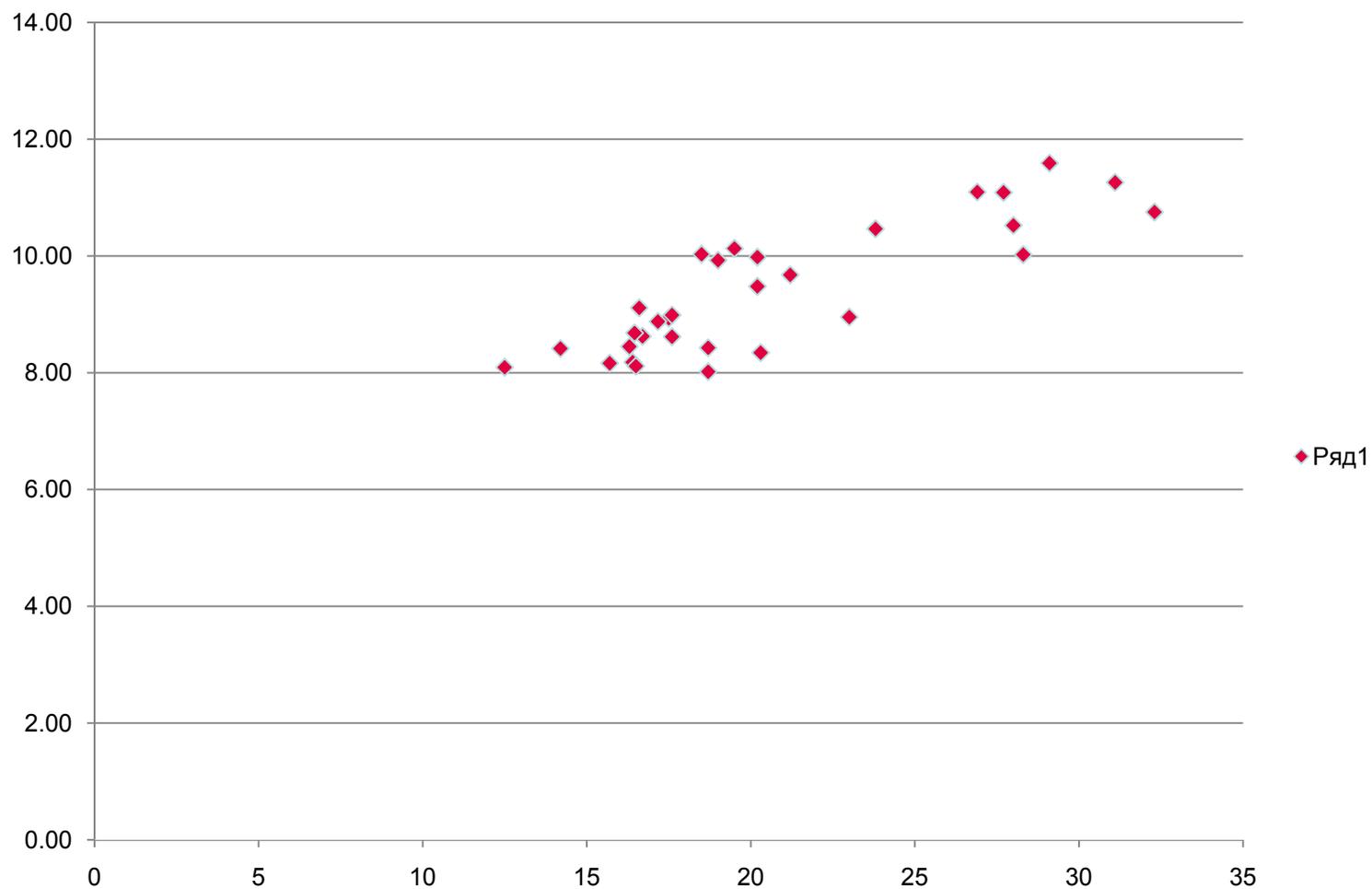




USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

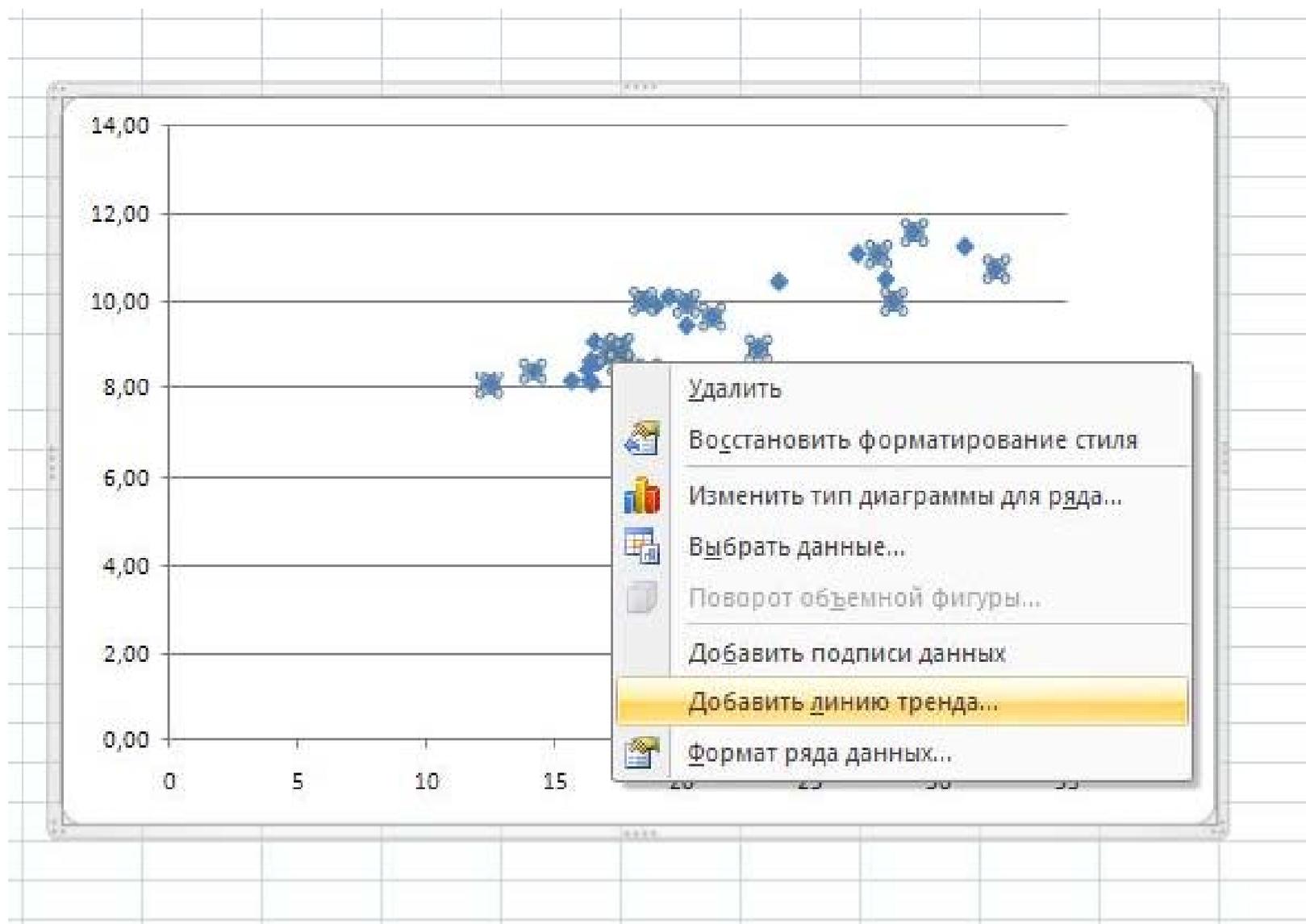
Вид корреляционного поля





USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM





USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM

Формат линии тренда

Параметры линии тренда

Цвет линии
Тип линии
Тень

Параметры линии тренда

Построение линии тренда (аппроксимация и сглаживание)

Экспоненциальная

Линейная

Логарифмическая

Полиномиальная Степень: 2

Степенная

Линейная фильтрация Точки: 2

Название аппроксимирующей (сглаженной) кривой

автоматическое: Линейная (Ряд 1)

другое: 1 от градусосуток

Прогноз

вперед на: 0,0 периодов

назад на: 0,0 периодов

пересечение кривой с осью Y в точке: 0,0

показывать уравнение на диаграмме

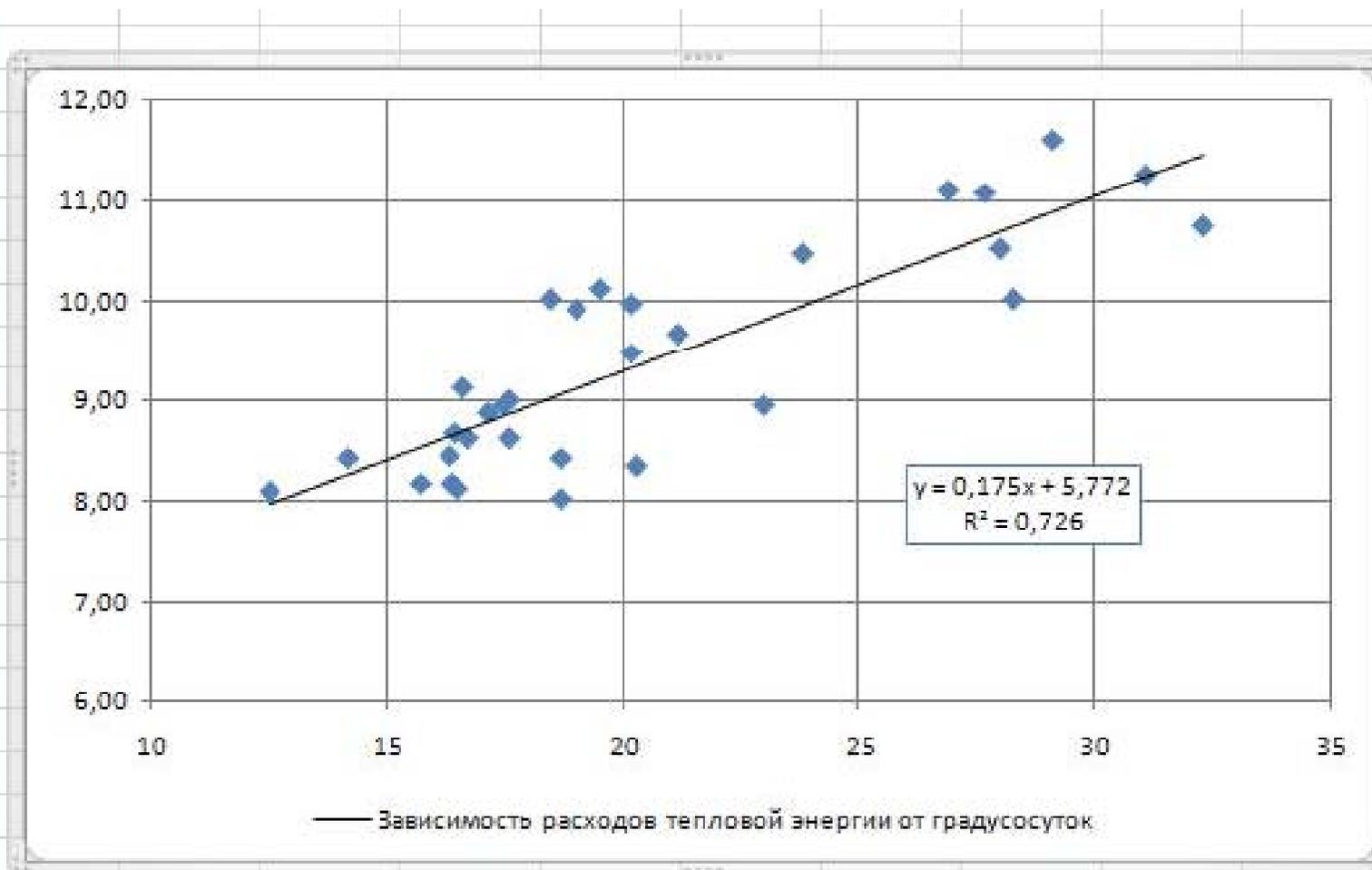
поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)

Закреть



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM





USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING
REFORM

Контроль энергопотребления

Линия тренда на графике – это наиболее подходящая прямая для всех точек данных. Она известна как **базовая**, или **средняя линия**.

Отдельные точки над данной линией представляют потребление **«хуже среднего»**. Подобно этому, точки под сплошной линией представляют данные потребления **«лучше среднего»**.

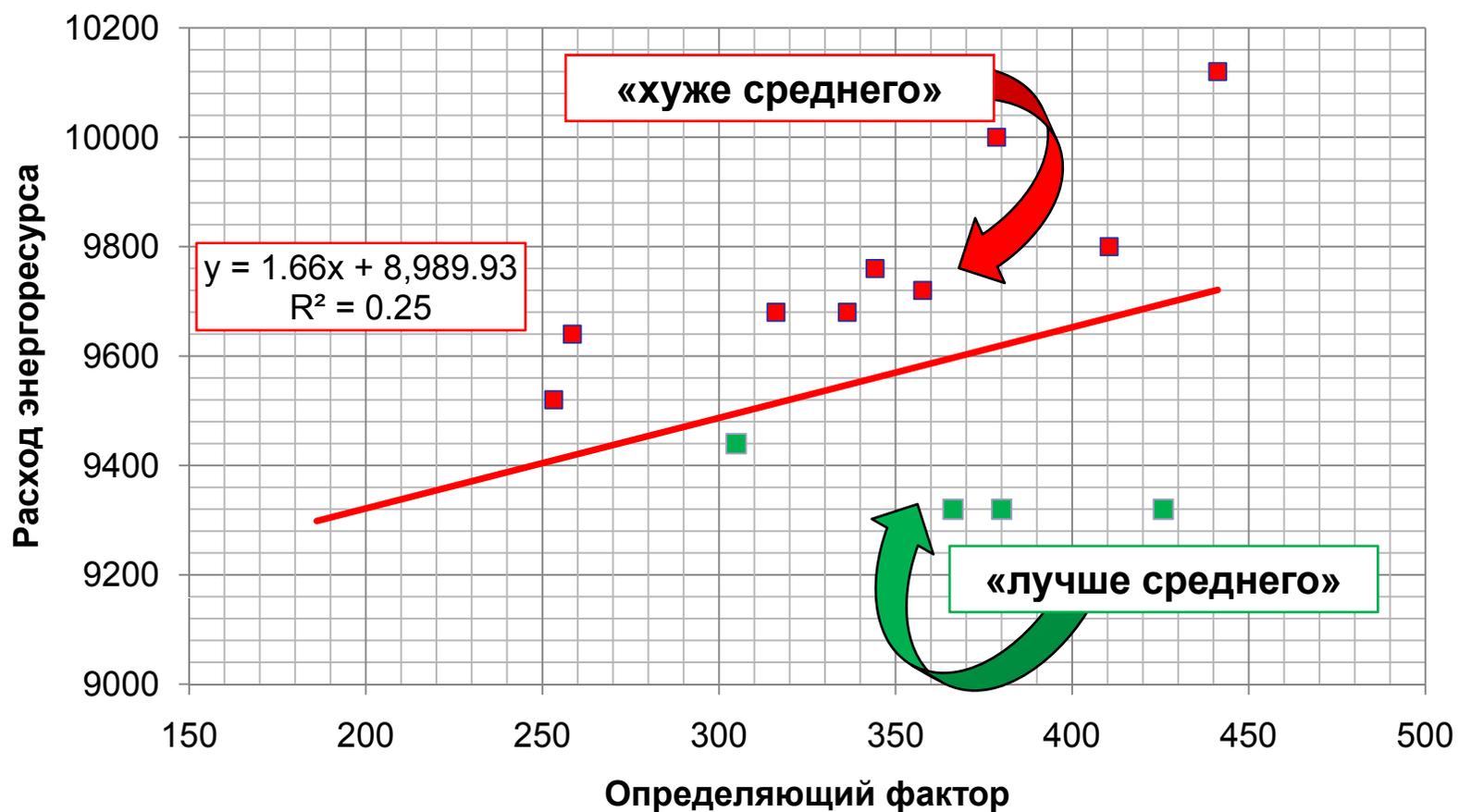
КОНТРОЛЬ заключается в постоянном наблюдении над месторасположением точек фактического энергопотребления объекта относительно базовой линии.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Контроль энергопотребления





USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Нормализация энергопотребления

ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА – довести будущую работу до уровня «лучше среднего». Этого зачастую можно достичь и без установки дополнительного энергосберегающего оборудования.

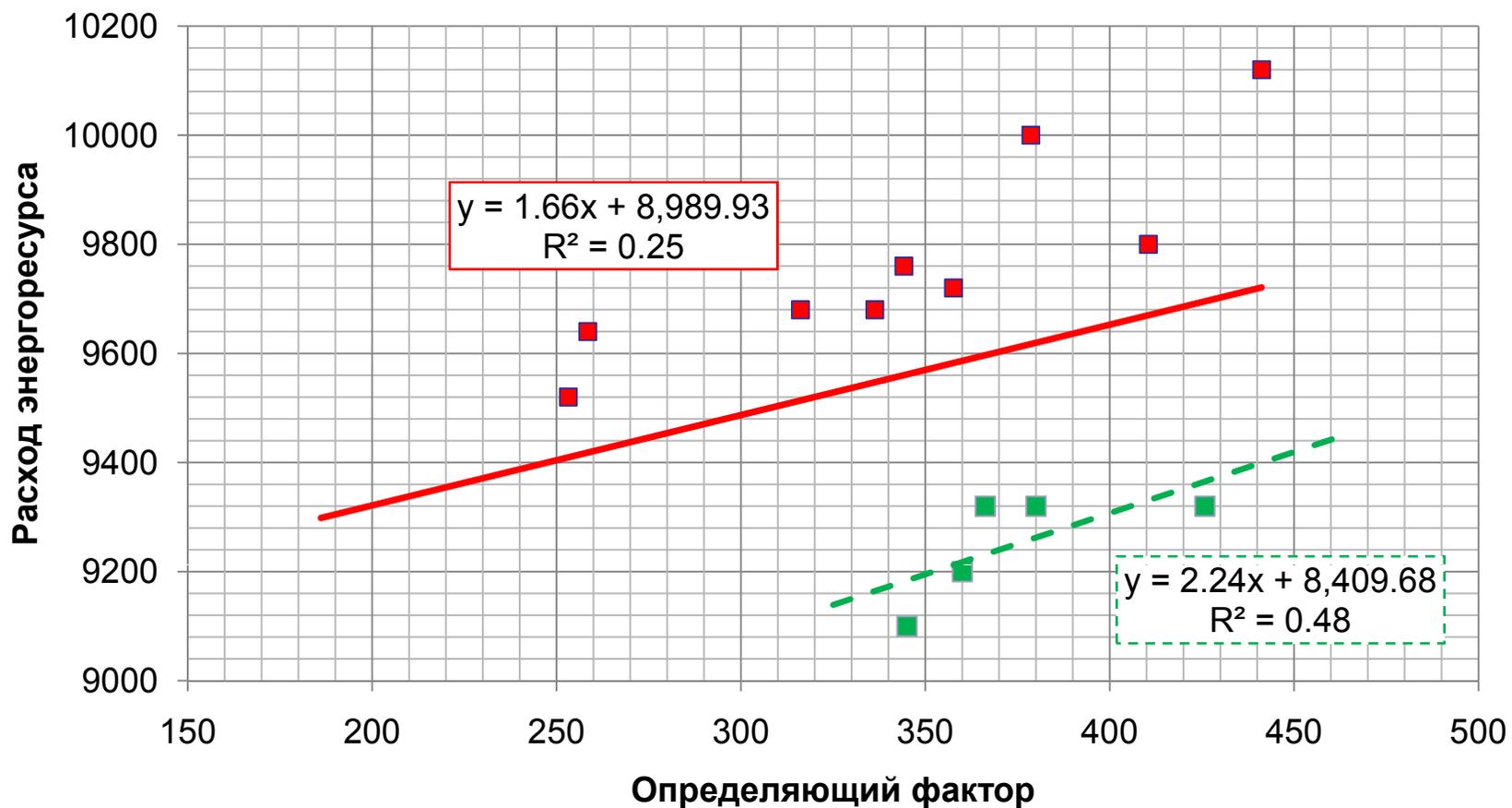
Путем повторения регрессионного анализа для получения только лучших данных, чем средние данные, была построена другая, наиболее подходящая линия, представленная пунктирной линией. Она называется **целевой линией энергопотребления**.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Нормализация энергопотребления (пример)

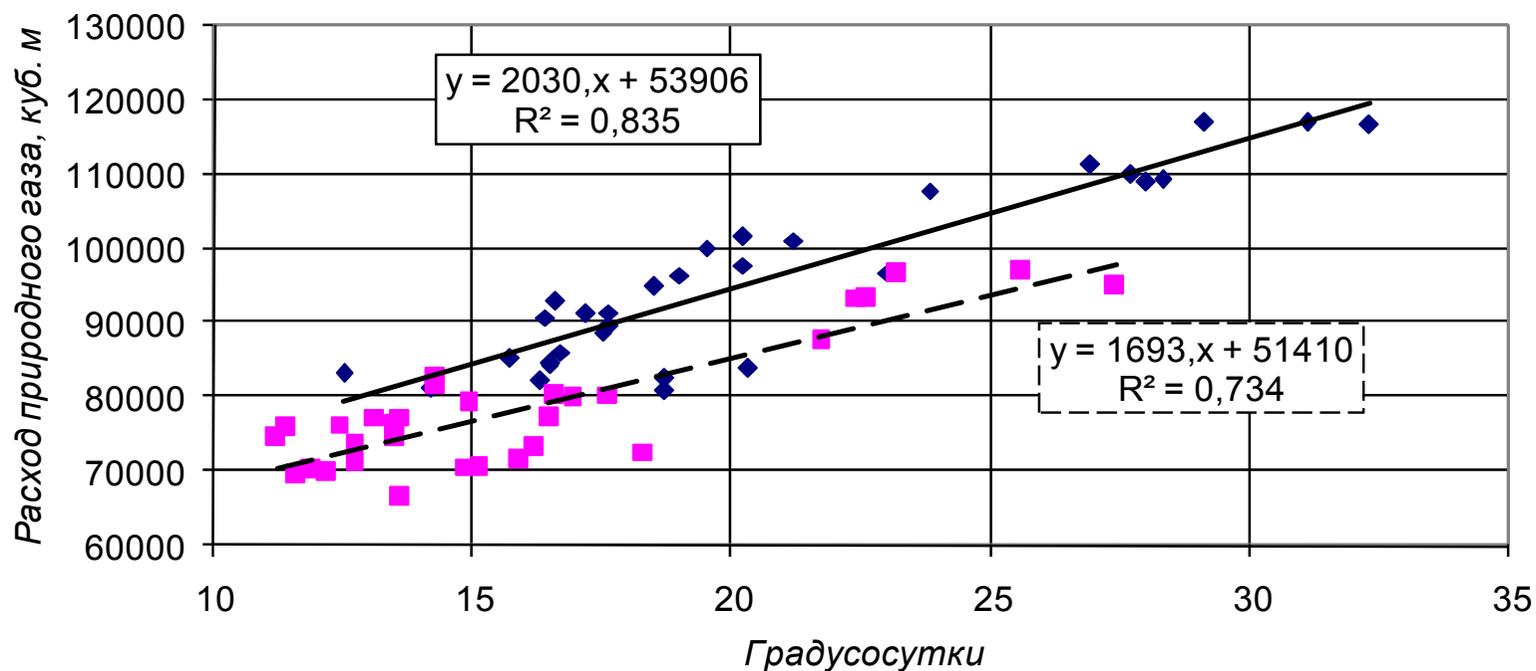




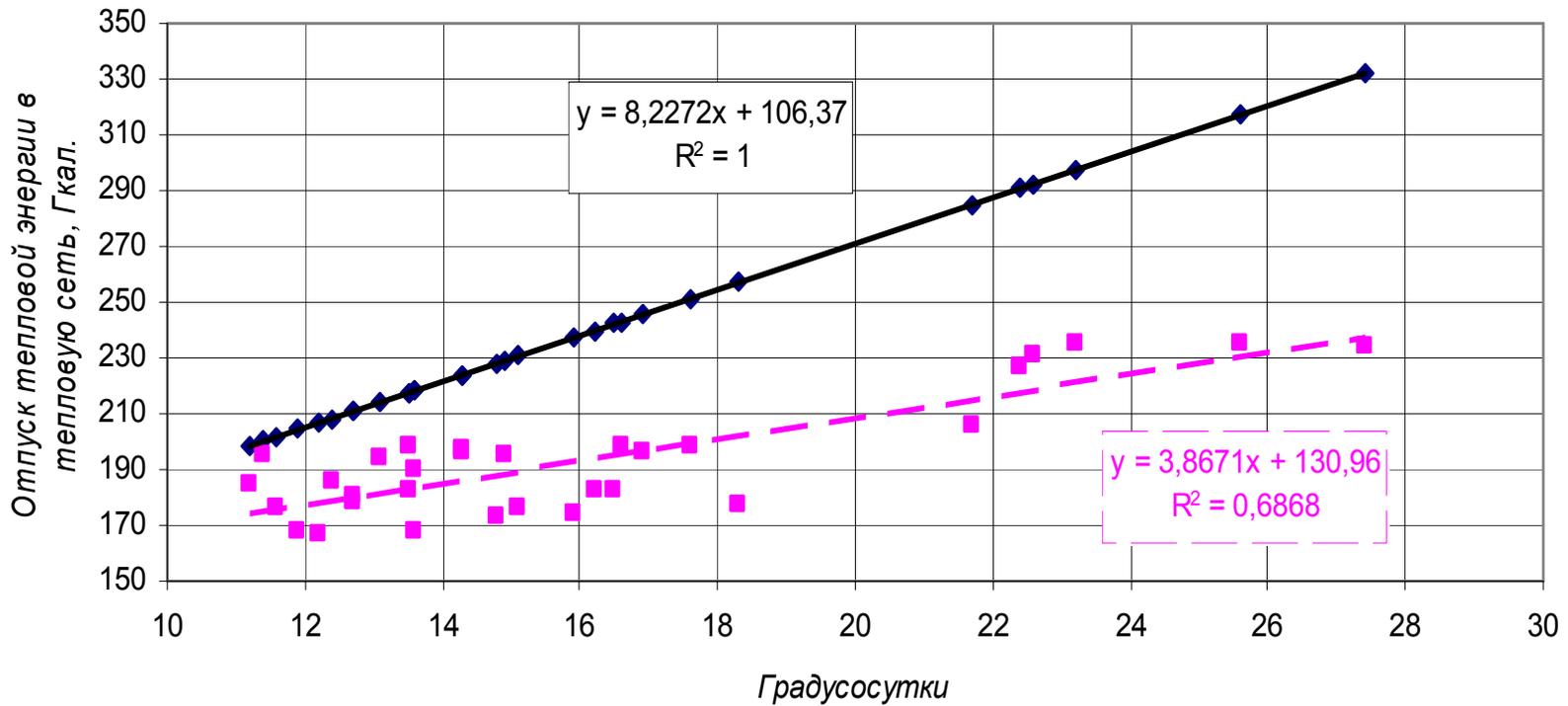
USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Уравнения регрессии реальных объектов энергопотребления



- Зависимость расходов природного газа от градусосуток за январь 2008 г.
- - Зависимость расходов природного газа от градусосуток за январь 2007 г.



— Зависимость величины расчетного отпуска тепловой энергии в тепловую сеть от градусосуток

- - - Зависимость величины фактического отпуска тепловой энергии в тепловую сеть от градусосуток



Формы представления результатов анализа энергопотребления

Существуют разные типы отчетности в методике КиН. Самым распространенным является ведомость мониторинга энергопотребления, которая заполняется данными за определенный период времени. Данные в такой ведомости, как правило, представлены в виде таблицы.

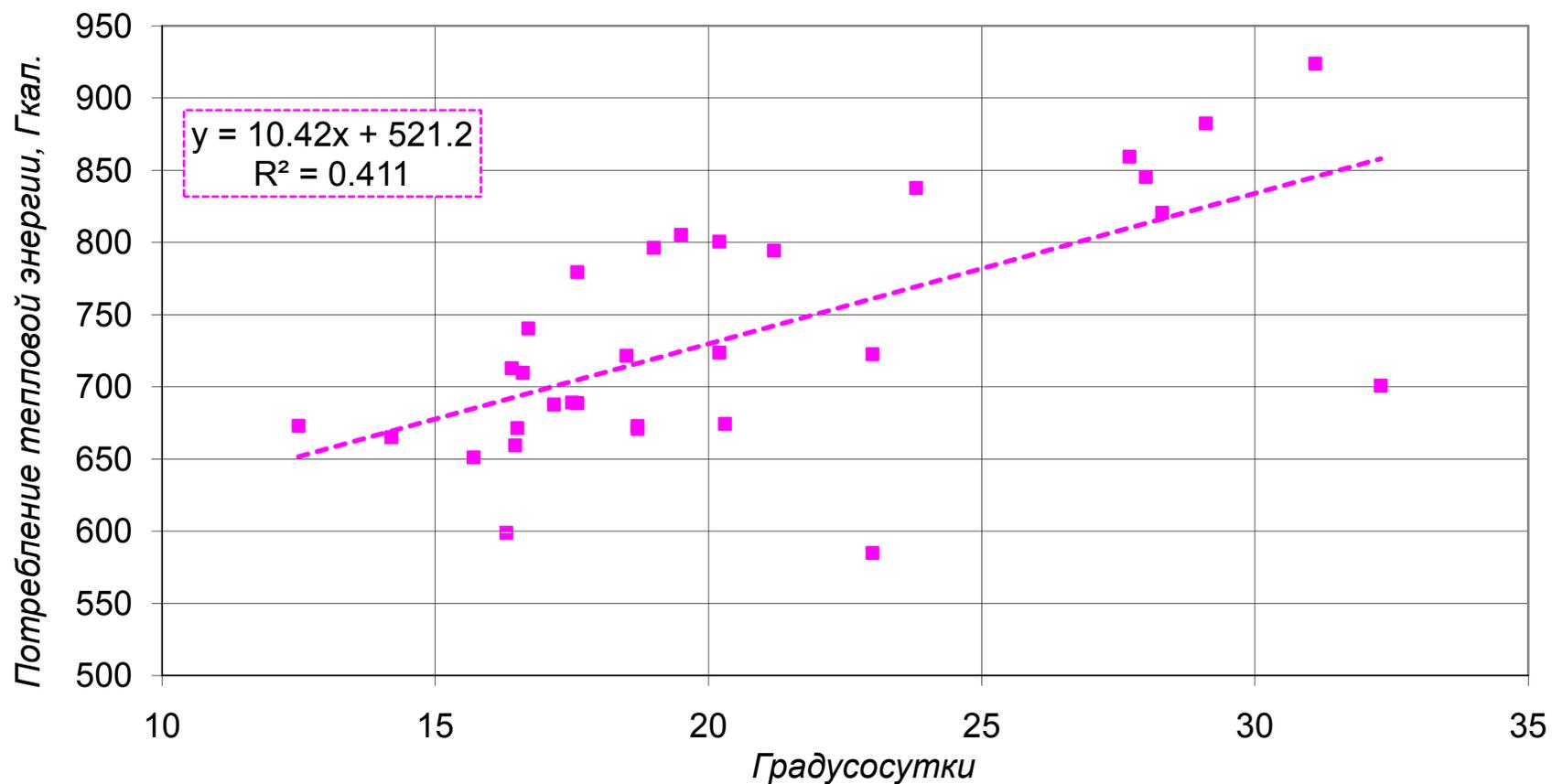
Дни	Фактор	Потребление энергии в нат. ед.		Отклонение, ΔQ , $\Delta Q = Q_{\Phi} - Q_{Б}$	Тариф, грн. за ед. ТЭР,	Стоимость грн., $C = \Delta Q \times T$
		Фактическое потребление, Q_{Φ}	Потребление при базовой линии, $Q_{Б}$			
01						
02						
....						
31						
Аккумуляция суммы						



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Определение перерасхода/экономии энергии





USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

MUNICIPAL HEATING REFORM

Дни	Градусосутки	Потребление энергии в Гкал.		Отклонение, $\Delta Q,$ $\Delta Q = Q_{\Phi} - Q_{Б}$	Тариф, грн. за Гкал,	Стоимость грн., $C = \Delta Q \times T,$	
		Фактическое потребление, Q_{Φ}	Потребление при базовой линии, $Q_{Б}$				
01	23	722,73	760,9	-38,1	300	-11439	
02	28,3	820,58	816,1	4,5		1348,2	
03	28	845,49	813,0	32,5		9759	
04	32,3	700,77	857,8	-157,0		-47098,8	
05	31,1	923,95	845,3	78,7		23606,4	
06	29,1	882,61	824,4	58,2		17456,4	
07	27,7	859,53	809,8	49,7		14908,8	
08	23,8	837,8	769,2	68,6		20581,2	
09	20,2	800,6	731,7	68,9		20674,8	
10	19,5	805,3	724,4	80,9		24273	
11	18,5	721,61	714,0	7,6		2292	
12	16,6	709,9	694,2	15,7		4718,4	
13	17,5	689,21	703,6	-14,3		-4302	
14	16,7	740,54	695,2	45,3		13597,8	
15	17,6	779,53	704,6	74,9		22481,4	
16	19	796,31	719,2	77,1		23139	
17	21,2	794,42	742,1	52,3		15694,8	
18	20,2	723,68	731,7	-8,0		-2401,2	
19	17,17	687,7	700,1	-12,4		-3723,42	
20	16,46	659,51	692,7	-33,2		-9960,96	
21	12,5	673,09	651,5	21,6		6492	
22	16,4	712,93	692,1	20,8		6252,6	
23	17,6	688,637	704,6	-16,0		-4786,5	
...	
30	16,3	598,8	691,0	-92,2		-27673,8	
31	23	584,99	760,9	-175,9		-52761	
Аккумуляция суммы				757,6			227276



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**MUNICIPAL HEATING
REFORM**

Методика КиН, как инструмент анализа энергопотребления, органично входит в состав энергетического менеджмента и направлена на перспективу экономного использования энергоресурсов путем устранения потерь и стимулирования дальнейшей деятельности по энергосбережению.