

**А. В. Вольф**

**Е. А. Кузьменко**

## **Методические указания**

**к выполнению лабораторной работы**

### **Настройка измерителя ОВЕН ТРМ-200 для работы с термопарой и поверка**

**Томск 2015**

## Оглавление

Введение.....	3
1. Измеритель ТРМ-200. Описание.....	3
1.1. Назначение.....	3
1.2. Функционал.....	3
1.3. Технические характеристики .....	4
1.4. Интерфейс связи:.....	4
1.5. Элементы индикации и управления .....	5
2. Потенциометр ПП-63 М. Описание.....	5
3. Измеритель ТРМ-200. Настройка.....	7
3.1. Выбор термопреобразователя/термопары .....	7
4. Порядок выполнения поверки.....	8
5. Варианты заданий .....	10
Список литературы .....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Термопары. Маркировка и типы.....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Характеристики термопар .....	15

## Введение

В настоящее время широкое распространение в системах АСУТП получили универсальные вторичные преобразователи. Такие приборы позволяют работать с большим разнообразием первичных датчиков, легко настраиваются, могут показывать значения измеряемых параметров по месту, а так же передавать их по линии связи. Одним из таких преобразователей является прибор фирмы «ОВЕН» измеритель «ТРМ-200».

## 1. Измеритель ТРМ-200. Описание

### 1.1. Назначение.

Двухканальный измеритель ТРМ-200 является разработкой российской компании «ОВЕН» и предназначен для измерения температуры (при использовании в качестве первичных преобразователей сопротивления или термоэлектрических преобразователей), а также других физических параметров, значение которых первичными преобразователями (далее «датчиками») может быть преобразовано в унифицированный сигнал постоянного тока или напряжения. Информация о любом из измеренных физических параметров отображается в цифровом виде на встроенном четырехразрядном цифровом индикаторе [1].

Приборы могут быть использованы для измерения технологических параметров в различных отраслях промышленности, коммунального и сельского хозяйства.

### 1.2. Функционал

Прибор позволяет осуществлять следующие функции [1]:

- Измерение температуры и других физических величин (давления, влажности, расхода, уровня и т.п.) в двух различных точках с помощью стандартных датчиков;
- Вычисление разности двух измеряемых величин ( $\Delta T = T_1 - T_2$ );
- Вычисление квадратного корня из измеряемой величины при работе с датчиками, имеющими унифицированный выходной сигнал тока или напряжения;
- Отображение текущего значения измеряемых величин на встроенном светодиодном цифровом индикаторе;
- Установление конфигурации прибора с компьютера через интерфейс RS-485.

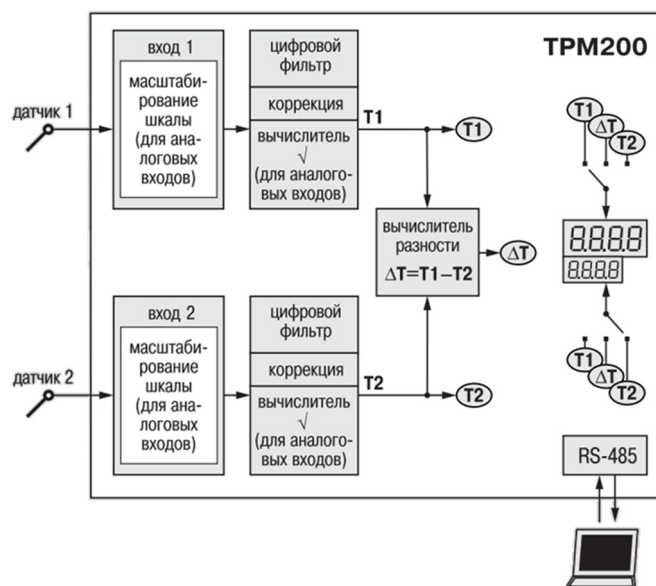


Рисунок 1 Функциональная схема измерителя TPM-200

### 1.3. Технические характеристики

Наименование	Значение
<b>Питание</b>	
Напряжение питания	от 90 до 245 В
Частота	от 47 до 63 Гц
Потребляемая мощность	6 ВА
<b>Входы</b>	
Время опроса входа, не более	1 с
Входное сопротивление прибора при подключении источника унифицированного сигнала:	
– тока (при подключении внешнего прецизионного резистора)	100 Ом ± 0,1 %
– напряжения, не менее	100 кОм
<b>Предел основной допускаемой приведенной погрешности при измерении:</b>	
– термопреобразователем сопротивления	0,25 %
– термопарой	0,5 %
– унифицированных сигналов тока и напряжения	0,5 %

### 1.4. Интерфейс связи:

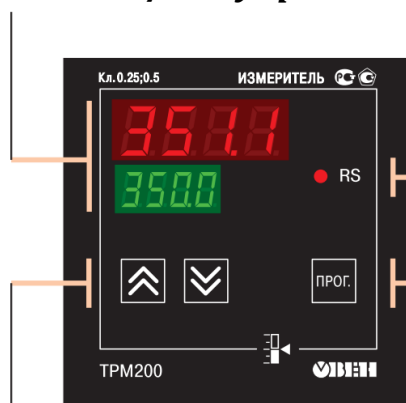
Тип интерфейса	RS-485
Скорость передачи данных, кбит/с	2,4; 4,8; 9,6; 14,4; 19,6; 28,8 38,4; 57,6; 115,2
Тип кабеля	Экранированная витая пара
Тип протокола передачи данных	OBEH, Modbus RTU (Slave), Modbus ASCII (Slave)

## 1.5. Элементы индикации и управления

Два 4-х разрядных цифровых индикатора в режиме РАБОТА отображают текущие значения двух измеряемых величин T1, T2 (или один из индикаторов отображает их разность  $\Delta T$ ).

В режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ цифровые индикаторы отображают название и значение программируемого параметра.

В некоторые группы параметров можно попасть только через пароль, который набирается после одновременного нажатия трех кнопок – **ПРОГ.**, **↑** и **↓**.



Светодиод «RS» светится, когда прибор осуществляет обмен данными по сети RS-485.

Кнопка **ПРОГ.** осуществляет:  
– вход в МЕНЮ программирования;  
– вход в нужную группу параметров;  
– циклическое пролистывание параметров в группе (при каждом нажатии кнопки значение текущего параметра записывается в память);

Кнопки **↑** и **↓** служат для:  
– перехода между пунктами МЕНЮ;  
– увеличения и уменьшения значения параметра.

Рисунок 2 Элементы индикации и управления измерителя TPM-200

## 2. Потенциометр ПП-63 М. Описание

Потенциометр ПП-63М предназначен для измерения, либо генерирования разности потенциалов. Основные элементы управления показаны на рис. 3 и в табл. 1.



Рисунок 3 - общий вид потенциометра ПП-63М

**Таблица 1 - Основные элементы управления потенциометром**

Позиция	Функция в режимах:	
	Измерение потенциала	Генерирование выходного потенциала
1	Зажим для подключения источника измеряемого потенциала	либо измерителя выходного потенциала
2	Диапазон измерений	Переключатель множителя выходного потенциала
3	Измерение потенциала и напряжения	Шаговый переключатель диапазона выходного потенциала
4	Переключатель источника	
5	Гальванометр	
6	Регулятор нуля	
7	Регулятор рабочего тока	
8	Измерение потенциала и напряжения	Регулятор выходного потенциала

При выполнении лабораторной работы «Поверка автоматических потенциометров» потенциометр ПП-63М необходим для имитации термо-ЭДС, поступающей на вторичный прибор с термопары.

1. Настройте регулятор нуля (6) – см. рис. 3 – так, чтобы показание гальванометра (5) было нулевым.
2. Переключатель диапазона измерений (2) перевести в положение G0,2, или G1 (в зависимости от выбранного множителя и диапазона потенциала – см. табл. 2).
3. С помощью шагового переключателя диапазона выходного потенциала (3) и регулятора выходного потенциала (8) установить необходимое значение выходного потенциала.
4. Выходной потенциал = (значение шагового переключателя диапазона выходного потенциала + значение регулятора выходного потенциала) \* множитель.
5. Переключатель источника (4) перевести в положение «Ex» – показания на вторичном приборе начнут изменяться.
6. Дождаться стабилизации показаний вторичного прибора.
7. Снять показания вторичного прибора.
8. Переключатель источника (4) перевести в положение «En».
9. Повторить пункты 3-8 для всех поверяемых отметок температуры.
10. После окончания лабораторной работы переключатель диапазона измерений (2) перевести в положение OFF.


**Таблица 2- значения множителя и соответствующие им диапазоны термо-ЭДС**

Выходной потенциал				
Множитель	Диапазон измерений	Разрешение	Рабочий ток	Точность
G1	0~230mV	50μV	5mA	0,3 %
G0,2	0~46mV	10 μV	1mA	

### 3. Измеритель ТРМ-200. Настройка.












#### 3.1. Выбор термопреобразователя/термопары

Выбор термопреобразователя/термопары осуществляется следующим образом:




- 1) Подключить прибор (ТРМ-200) к электрической сети.
- 2) Войти в меню программирования удержанием нажатой кнопки  в течение  $\approx 3$  с. Структура меню представлена на рис. 3.
- 3) Вход в меню выполнен, если на красном дисплее горит стилизованная надпись «menu»:



При этом на нижнем дисплее отображается активный пункт меню.

- 4) Для выбора термопреобразователя с помощью кнопок  и  следует перейти к пункту меню  (настройка входов) и выполнить вход в этот пункт меню кратковременным ( $\approx 1$  с.) нажатием кнопки . В верхней строке будет отображаться надпись  (in.t 1). Значение в нижней строке отвечает за прибор, подключенный к первому входу (при измерениях его показания отображаются на верхней строке дисплея).
- 5) Кратковременными ( $\approx 1$  с.) нажатиями кнопки  перебирать параметры (реализован циклический перебор) до тех пор, пока в верхней строке не высветится надпись in.t 2.
- 6) С помощью кнопок  и  выбрать соответствующую варианту термопару для входа in.t 2.
- 7) Для записи выбранного значения выполнить кратковременное ( $\approx 1$  с.) нажатие кнопки  (установленное значение параметра будет записано в память прибора и выполнен переход к следующему параметру меню).
- 8) Длительным ( $\approx 3$  с.) нажатием кнопки  выйти в предыдущий уровень меню. Повторять операцию до выхода на верхний уровень (при этом на верхнем дисплее будет гореть стилизованная надпись «menu»  ).



- 9) С помощью кнопок  и  выбрать сочетание и кратковременным ( $\approx 1$  с.) нажатием кнопки  выполнить выход из меню (прибор перейдет в режим «РАБОТА», на дисплеях станут доступны показания температур).

### ПОДСКАЗКА:

В режиме «РАБОТА» на цифровом индикаторе должно отображаться значение измеряемой величины, либо (в случае, если к входу ничего не подключено) – надпись «Err.5».

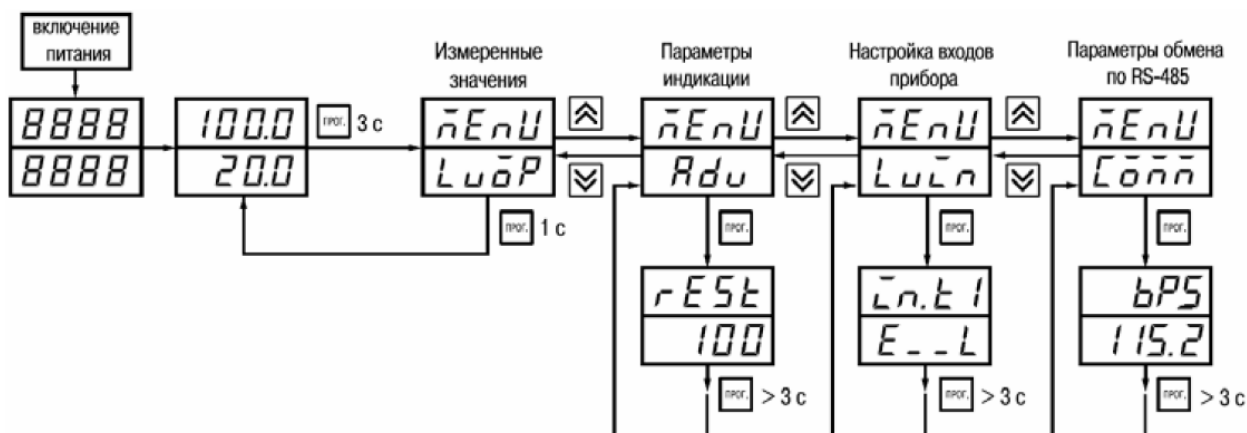


Рисунок 4 Структура меню измерителя TPM-200

## 4. Порядок выполнения поверки

- 1) Подключить измеритель к сети.
- 2) Произвести настройку измерителя в соответствии со своим вариантом задания, используя указания в разд. 3.1.
- 3) Подключить к измерителю потенциометр.
- 4) Настроить регулятор нуля (6) – см. рис. 3 – так, чтобы показание гальванометра (5) было нулевым.
- 5) Переключатель диапазона измерений (2) перевести в положение G0,2, или G1 (в зависимости от выбранного множителя и диапазона потенциала – см. табл. 2).
- 6) С помощью шагового переключателя диапазона выходного потенциала (3) и регулятора выходного потенциала (8) установить необходимое значение выходного потенциала (соответствующее поверяемой отметке температуры).
- 7) Выходной потенциал = (значение шагового переключателя диапазона выходного потенциала + значение регулятора выходного потенциала) \* множитель.
- 8) Переключатель источника (4) перевести в положение «Ex» – показания на вторичном приборе начнут изменяться.
- 9) Дождаться стабилизации показаний вторичного прибора.
- 10) Снять показания вторичного прибора.
- 11) Переключатель источника (4) перевести в положение «En».
- 12) По градуировочной таблице (см. прил. 2) вычислить температурную поправку  $E(t_0)$  для соответствующей варианту задания термопары и определить значение термо-ЭДС для поверяемой отметки  $E(t, t_0)$ :
$$E(t, t_0) = E(t) + E(t_0).$$
- 13) Повторить пункты 6-11 для всех поверяемых отметок температуры в соответствии с вариантом задания для прямого хода (возрастающие значения).
- 14) После окончания лабораторной работы переключатель диапазона измерений (2) перевести в положение OFF.



- 15) Вычислить значения абсолютных погрешностей поверяемого прибора при прямом ходе как разность между показаниями поверяемого прибора и истинным значением температуры, заданным контрольным прибором [2]:

$$a_i = t_i^{\text{прибора}} - t_i^{\text{эталон.}}$$

- 16) Вычислить основную погрешность поверяемого прибора как отношение максимальной абсолютной погрешности к диапазону шкалы прибора, выраженную в процентах:

$$c = \frac{a_{\max}}{\Delta N} \cdot 100 \%$$

и сравнить ее с классом точности;

- 17) Дать заключение о возможности дальнейшей эксплуатации прибора; прибор считается пригодным к дальнейшей эксплуатации, если основная погрешность не превышает класса точности, а нормированная вариация не превышает предела допустимой вариации.

- 18) Составить отчёт и протокол поверки [2].

### ПРОТОКОЛ

поверки \_\_\_\_\_ класса \_\_\_\_\_  
Наименование прибора
Класс точности

Поверка проводилась по контрольному потенциометру \_\_\_\_\_  
Наименование

типа \_\_\_\_\_ класса \_\_\_\_\_  
Класс точности

Замечания по внешнему осмотру: \_\_\_\_\_

Контрольные значения			Показания поверяемого прибора, °C	Погрешность поверяемого прибора
Температура, °C	Показания потенциометра, мВ	Температура холодного спая		

Температурная поправка: \_\_\_\_\_ мВ.

## 5. Варианты заданий

Произвести настройку второго канала измерителя на работу с термопарой и произвести поверку в диапазоне значений температур в соответствии с вариантами:

Вариант 1

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
A-1	E_A1

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
1200	19,151
1300	20,59
1400	21,977
1500	23,312
1600	24,594
1700	25,823
1800	26,999
1900	28,121
2000	28,662
2100	29,189
2200	29,701
t холодного спая, °C	0

Вариант 2

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
A-2	E_A2

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
600	9,705
650	10,553
700	11,395
750	12,232
800	13,061
850	13,882
900	14,694
950	15,497
1000	16,288
1050	17,068
1100	17,835
t холодного спая, °C	0

Вариант 3

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
A-3	E_A3

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
0	0
50	0,625
100	1,318
150	2,062
200	2,842
250	3,648
300	4,47
350	5,304
400	6,143
450	6,985
550	8,667
t холодного спая, °C	0

Вариант 4

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
E_b	r426

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
50	0,002
100	0,033
150	0,092
200	0,178
250	0,291
300	0,431
350	0,596
400	0,787
450	1,002
500	1,242
550	1,505
t холодного спая, °C	0

Вариант 5

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
J	E_J

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
0	0
50	2,585
100	5,269
150	8,01
200	10,779
250	13,555
300	16,327
350	19,09
400	21,848
450	24,61
500	27,393
t холодного спая, °C	0

Вариант 6

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
K	E_K

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
0	0
50	2,023
100	4,096
150	6,138
200	8,138
250	10,153
300	12,209
350	14,293
400	16,397
450	18,516
500	20,644
t холодного спая, °C	0

Вариант 7

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
L	E_L

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
-100	-5,641
-50	-3,004
0	0
50	3,306
100	6,861
150	10,624
200	14,561
250	18,643
300	22,843
350	27,135
400	31,491
t холодного спая, °C	0

Вариант 8

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
N	E_n

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
-100	-2,407
-50	-1,269
0	0
50	1,34
100	2,774
150	4,302
200	5,913
250	7,597
300	9,341
350	11,136
400	12,974
t холодного спая, °C	0

Вариант 9

Тип термопары	Значение параметра in.t 1
R	E_r

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
-50	-0,226
0	0
50	0,296
100	0,647
150	1,041
200	1,469
250	1,923
300	2,401
350	2,896
400	3,408
450	3,933
t холодного спая, °C	0

Вариант 10

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
S	E_S

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
-50	-0,236
0	0
50	0,299
100	0,645
150	1,029
200	1,44
250	1,873
300	2,323
350	2,786
400	3,26
450	3,743
t холодного спая, °C	0

Вариант 11

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
T	E_t

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
-200	-5,603
-150	-4,648
-100	-3,379
-50	-1,819
0	0
50	2,036
100	4,279
150	6,704
200	9,288
250	12,013
300	14,862
t холодного спая, °C	0

Вариант 12

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
B	E_b

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
650	2,101
700	2,431
750	2,782
800	3,154
850	3,546
900	3,957
950	4,387
1000	4,834
1050	5,299
1100	5,78
1150	6,276
t холодного спая, °C	0

Вариант 13

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
J	E_J

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
700	39,132
750	42,281
800	45,494
850	48,715
900	51,877
950	54,956
1000	57,953
1050	60,89
1100	63,792
1150	66,679
1200	69,553
t холодного спая, °C	0

Вариант 14

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
K	E_K

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
800	33,275
850	35,313
900	37,326
950	39,314
1000	41,276
1050	43,211
1100	45,119
1150	46,995
1200	48,838
1250	50,644
1300	52,41
t холодного спая, °C	0

Вариант 15

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
N	E_n

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
600	20,613
650	22,566
700	24,527
750	26,491
800	28,455
850	30,416
900	32,371
950	34,319
1000	36,256
1050	38,179
1100	40,087
t холодного спая, °C	0

Вариант 16

Тип термопары	Значение параметра in.t 2
R	E_r

Диапазон значений:

Температура, °C	Термо-ЭДС, мВ
650	6,157
750	7,34
850	8,571
950	9,85
1050	11,173
1150	12,535
1250	13,926
1350	15,334
1450	16,746
1550	18,152
1650	19,540
t холодного спая, °C	0

## Список литературы

- 1) Овен ТРМ200 измеритель двухканальный. Руководство по эксплуатации.
- 2) ПрофКип ПП-63М потенциометр постоянного тока. Руководство по эксплуатации.
- 3) Федоров А. Ф., Баженов Д. А. «Системы управления химико-технологическими процессами», лабораторный практикум, Томск: изд. ТПУ. 2009 г.
- 4) ГСИ. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования. ГОСТ Р 8.585-2001.
- 5) <http://www.wexon.ru>
- 6) <http://www.eti.su>
- 7) IEC 60584

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Термопары. Маркировка и типы.

### МАРКИРОВКА термопар

В соответствии с [4], термопары принято обозначать ТХУ, где:

Т – Термопара

ХУ – тип материалов сплава (см. табл. в приложении).

Так же существуют международные стандарты, наиболее распространённым является IEC 60584, который в настоящее время перерабатывается.

### Типы термопар

Таблица 3 Типы термопар [1, 3, 5]

№ варианта	Значение параметра in.t1(2)	Маркировка термопар		Сплав элемента	Температурный диапазон
		Стандарт IEC 60584	ГОСТ Р 8.585-2001		
1	E_A1	A-1	TBP	вольфрам, рений	0 ... 2200 °C
2	E_A2	A-2	TBP	вольфрам, рений	0 ... 1800 °C
3	E_A3	A-3	TBP	вольфрам, рений	0 ... 1800 °C
4	E__b	B	ТПР	платинородий-платинородиевые	100 ... 1800 °C
5	E__J	J	ТЖК	железо-константановые	-100 ... 1200 °C
6	E_K	K	ТХА	хромель, алюмель	-200 ... 1300 °C
7	E_L	L	ТХК	хромель, копель	-200 ... 850 °C
8	E_n	N	ТНН	нихросил нисил	-200 ... 1300 °C
9	E__r	R	ТПП	платинородий-платиновые	0 ... 1700 °C
10	E__S	S	ТПП	платинородий-платиновые	0 ... 1700 °C
11	E__t	T	ТМК	медь-константановые	-200 ... 400 °C

Разновидности термопар не ограничиваются представленными в таблице.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Характеристики термопар

Таблица 4 Номинальные статические характеристики (НСХ) термопар [4, 6, 7]

t °C	Термо-ЭДС для термопар, мВ:										
	A-1	A-2	A-3	B	J	K	L	N	R	S	T
-200					-7,890	-5,891	-9,488	-3,990			-5,603
-150					-6,500	-4,913	-7,831	-3,336			-4,648
-100					-4,633	-3,554	-5,641	-2,407			-3,379
-50					-2,431	-1,889	-3,004	-1,269	-0,226	-0,236	-1,819
0	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50	0,636	0,630	0,625	0,002	2,585	2,023	3,306	1,340	0,296	0,299	2,036
100	1,337	1,337	1,318	0,033	5,269	4,096	6,861	2,774	0,647	0,645	4,279
150	2,086	2,101	2,062	0,092	8,010	6,138	10,624	4,302	1,041	1,029	6,704
200	2,872	2,902	2,842	0,178	10,779	8,138	14,561	5,913	1,469	1,440	9,288
250	3,684	3,728	3,648	0,291	13,555	10,153	18,643	7,597	1,923	1,873	12,013
300	4,514	4,571	4,470	0,431	16,327	12,209	22,843	9,341	2,401	2,323	14,862
350	5,355	5,424	5,304	0,596	19,090	14,293	27,135	11,136	2,896	2,786	17,819
400	6,204	6,281	6,143	0,787	21,848	16,397	31,491	12,974	3,408	3,260	20,872
450	7,056	7,139	6,985	1,002	24,610	18,516	35,888	14,846	3,933	3,743	
500	7,908	7,997	7,827	1,242	27,393	20,644	40,300	16,748	4,471	4,234	
550	8,758	8,853	8,667	1,505	30,216	22,776	44,710	18,672	5,021	4,732	
600	9,604	9,705	9,504	1,792	33,102	24,905	49,107	20,613	5,583	5,237	
650	10,446	10,553	10,338	2,101	36,071	27,025	53,485	22,566	6,273	5,751	
700	11,282	11,395	11,166	2,431	39,132	29,129	57,841	24,527	6,743	6,274	
750	12,111	12,232	11,988	2,782	42,281	31,213	62,169	26,491	7,340	6,805	
800	12,932	13,061	12,803	3,154	45,494	33,275	66,442	28,455	7,950	7,345	
850	13,745	13,882	13,610	3,546	48,715	35,313		30,416	8,571	7,892	
900	14,548	14,694	14,409	3,957	51,877	37,326		32,371	9,205	8,448	
950	15,343	15,497	15,199	4,387	54,956	39,314		34,319	9,850	9,012	
1000	16,127	16,288	15,979	4,834	57,953	41,276		36,256	10,506	9,585	
1050	16,900	17,068	16,747	5,299	60,890	43,211		38,179	11,173	10,165	
1100	17,662	17,835	17,505	5,780	63,792	45,119		40,087	11,850	10,754	
1150	18,412	18,589	18,249	6,276	66,679	46,995		41,976	12,535	11,348	
1200	19,151	19,331	18,982	6,786	69,553	48,838		43,884	13,228	11,947	
1250	19,877	20,059	19,701	7,311		50,644		45,694	13,926	12,550	
1300	20,590	20,775	20,407	7,848		52,410		47,513	14,629	13,155	
1350	21,290	21,478	21,101	8,397		54,138			15,334	13,766	
1400	21,977	22,169	21,781	8,956					16,040	14,368	
1500	23,312	23,514	22,106	10,099					17,451	15,576	
1600	24,594	24,814	24,382	11,263					18,849	16,771	
1700	25,823	26,059	25,609	12,433					20,222	17,942	
1800	26,999	27,231	26,772	13,591							
1900	28,121										
2000	28,662										
2100	29,189										
2200	29,701										

