

**Evaluation of efficiency of accounting systems, automatic shut-tion and regulation of thermal energy with the purpose of increase of efficiency of housing and communal services**

**Budkov A.<sup>1</sup>, Prokofiev G.<sup>2</sup> (Russian Federation)**

**Оценка эффективности использования систем учета, автоматизации и регулирования тепловой энергии с целью повышения энергоэффективности объектов жилищно-коммунального хозяйства**

**Будков А. А.<sup>1</sup>, Прокофьева Г. И.<sup>2</sup> (Российская Федерация)**

<sup>1</sup>Будков Андрей Алексеевич / *Budkov Andrey* - студент магистратуры;

<sup>2</sup>Прокофьева Галина Ивановна / *Prokofieva Galina* - старший преподаватель, кафедра экономики и организации строительства,

Институт кадастра, экономики и инженерных систем в строительстве, Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

**Аннотация:** анализ эффективности применения систем автоматического регулирования тепла и узла учета тепловой энергии на примере жилого многоквартирного дома в г. Томске. Рассчитан экономический эффект и сроки окупаемости затрат.

**Abstract:** analysis of the effectiveness of the automatic control systems of thermal energy and heat metering unit as an example of a residential apartment building in the city of Tomsk. Designed economic impact and timing of cost recovery.

**Ключевые слова:** энергосбережение, эффективность, теплоснабжение, водоснабжение, тепловая энергия.

**Keywords:** energy conservation, efficiency, heating, water supply, thermal energy.

## **1. Введение**

На сегодняшний день в нашей стране все большую актуальность приобретает проблема сбережения энергетических ресурсов. Особенно это касается тепловой энергии в жилищно-коммунальной сфере. Самая большая статья расходов в платежах за коммунальные услуги – плата за отопление и горячее водоснабжение, составляющая в них около 60 %. В связи с этим, особенно актуальной является задача повышения эффективности работы существующих систем отопления и водоснабжения здания. Одно из перспективных решений данной проблемы – установка приборов учета и внедрение автоматизированных систем регулирования, исключающие необоснованный перерасход тепловой энергии.

Установка узла учета тепловой энергии (УУТЭ) позволяет перейти к расчетам за фактическое потребление энергии, а система автоматического регулирования тепла осуществляет сбережение тепловой энергии.

Целью применения системы автоматического регулирования тепла (САРТ) является управление процессом пользования тепла согласно наружной температуре воздуха. Это выполняется посредством повышения или понижения интенсивности потока носителя тепла в здание. Данный процесс зависит от реальных потребностей помещения в тепловой энергии в конкретный момент.

Анализ погодных условий происходит с помощью датчиков температуры. Они устанавливаются внутри и снаружи здания и передают полученные данные на контроллер в шкафу управления. Он производит оценку показаний термодатчика и дает сигнал на управляющий клапан, работа которого соответствует заданному графику.

Применение систем автоматического регулирования тепловых пунктов позволяет выделить следующие факторы экономии [1]:

- Снятие вынужденных «перетоков» в переходные, межсезонные периоды:

Применение систем регулирования температуры отопления на тепловых пунктах позволяет достигнуть 30-40 % экономии в эти периоды отопления. Актуальность регулирования подачи теплоносителя в межсезонный период повышается в силу повышения общего значения положительных температур наружного воздуха в осенне-зимний период (осень-зима; зима-весна).

- Снятие влияния на потери тепла инерции тепловой сети:

Температура в сетях не может быстро изменяться. Во многих районах России разница между дневными и ночными температурами может достигать 10-20 С. Тепловой инерции здания, как правило, не хватает для компенсации этих изменений. В результате, возможны «перетоки» в дневные часы, следовательно, потери тепла или «недотопы» в ночные часы, что приводит к перерасходу более дорогой электроэнергии за счет включения бытовых нагревательных приборов. Этот фактор можно оценить только ориентировочно, в пределах 3-5 % общего теплопотребления.

- Коррекция температурного графика по фактической производительности приборов отопления:  
 Корректирование проектного температурного графика отопления здания с учетом устранения запасов, которые закладывают проектировщики при определении необходимой площади отопительных приборов. Эффект экономии от автоматизации теплового пункта в данном случае может составлять от 7 до 15 %.

- Управление температурой отопления с учетом бытовых тепловыделений:

По данным [2] доля бытовых тепловыделений в тепловом балансе здания может достигать 14 % общего расхода на отопление. Для того чтобы учесть эти выделения и не перетапливать жилые здания, необходимо применять различные алгоритмы регулирования для жилых и административных (производственных) зданий. Температурный график тепловых сетей, как правило, рассчитывается для потребителей второй группы. Применение специальных алгоритмов для жилых зданий позволит получить экономию до 7 % от общего теплоснабжения здания.

- Экономический эффект за счет применения графика качественного регулирования:

При качественном регулировании все помещения находятся по теплу в равных условиях, а следовательно, может быть применено глубокое регулирование с наибольшим экономическим эффектом (вышесказанное относится к гидравлически отрегулированным системам). Так, к примеру, для г. Томска один градус перегрева в помещениях (т. е. 21 С вместо 20 С) равносильно почти 7 % потере.

Для определения экономической целесообразности применения системы автоматического регулирования тепла (САРТ) и узла учета тепловой энергии (УУТЭ) произведен сравнительный расчет теплоотпуска на примере жилого многоквартирного здания в г. Томске по следующим методикам, используемым теплоснабжающими организациями для расчета начислений за отпущенную тепловую энергию (рис. 1) [1]:

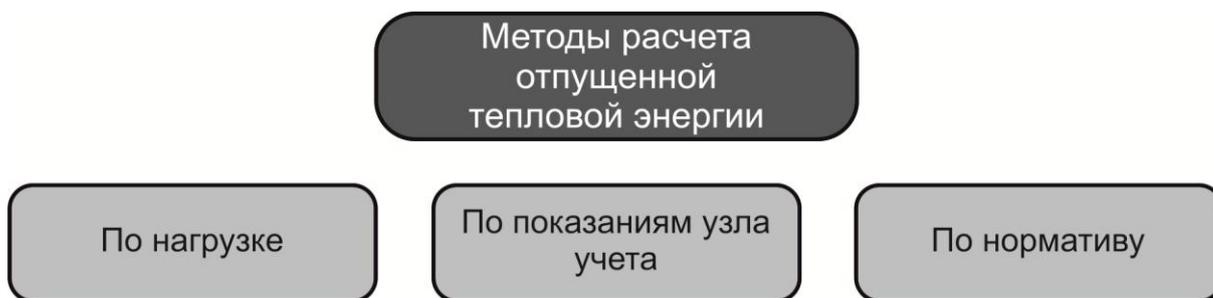


Рис. 1. Методики расчета начислений

## 2. Определение количества потребленного тепла по нагрузке [1]

Результаты расчета представлены в (табл. 1).

Понятие тепловая нагрузка определяет количество теплоты, которое отдают приборы обогрева, смонтированные в жилом доме или на объекте другого назначения. До того как установить оборудование, данный расчет выполняют, чтобы избежать излишних финансовых расходов и других проблем, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации отопительной системы.

Зная основные рабочие параметры конструкции теплоснабжения, можно организовать эффективное функционирование обогревательных приборов. Расчет способствует реализации задач, стоящих перед отопительной системой, и соответствие ее элементов нормам и требованиям СНиПа.

- Определим количество потребленного тепла по нагрузке на отопление за январь:

$$Q_{отоп.нагр.} = \sum_{i=1}^n [q_{n.o.} \cdot N \cdot (T_{вн} - T_{нв}) / (T_{вн} - T_{расч})], \quad (1)$$

где  $q_{n.o.}$  – подключенная нагрузка на отопление, Гкал/ч, ( $q_{n.o.} = 0,251$ );

$N$  – число часов работы системы в месяц, час, ( $N = 744$ );

$T_{вн}$  – температура внутреннего воздуха, °С, ( $T_{вн} = 20$ ) [3];

$T_{нв}$  – температура наружного воздуха, °С, ( $T_{нв} = -17,9$ ) [4];

$T_{расч}$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления в местности, где расположено здание, °С, ( $T_{расч} = -40$ ) [2];

$n$  – отопительный сезон, мес., ( $n = 9$ ) [5].

- Определим количество потребленного тепла по нагрузке на ГВС за январь:

$$Q_{гвс.нагр.} = \sum_{j=1}^m [q_{n.гвс.} \cdot N \cdot (T_{гвс}^m - T_{гвс}^o) / T_{гвс}^o], \quad (2)$$

где  $q_{n.гвс.}$  – подключенная нагрузка на ГВС, Гкал/ч, ( $q_{n.гвс.} = 0,024$ );

$N$  – число часов работы системы в месяц, час, ( $N = 744$ );

$T_{гв}^m, T_{гв}^o$  – температура горячей воды соответственно в межотопительный и отопительный период, °С, ( $T_{гв}^m = 65, T_{гв}^o = 60$ ) [6];  
 $T_{хв}^m, T_{хв}^o$  – температура холодной водопроводной воды в межотопительный и отопительный период, °С, ( $T_{хв}^m = 15, T_{хв}^o = 5$ ) [7];  
 $m$  – период подачи горячего водоснабжения, мес., ( $m = 12$ ).

Таблица 1. Количество потребленной тепловой энергии по нагрузке за расчетный период

Расчетный период	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/ч	Количество потребленного тепла на ГВС, Гкал/ч	Суммарное количество потребленного тепла, Гкал/ч
	$Q_{отоп.нагр.}$	$Q_{гвс.нагр.}$	$Q_{сумм.нагр.}$
2015 г.	647,41	201,37	848,78

### 3. Определение количества потребленного тепла по нормативу

Результаты расчета представлены в (табл. 2).

Нормативы отопления жилых помещений, а также нормы на потребление какой-либо коммунальной услуги, будь то отопление, водоснабжение и т. д. – величина относительно постоянная. Они принимаются местным уполномоченным органом при участии ресурсоснабжающих организаций и остаются неизменными в течение трех лет.

Для расчета новых тарифов ЖКХ, компания, снабжающая теплом данный регион, подает в местные органы власти документы с обоснованием новых нормативов. В ходе обсуждения они принимаются или отвергаются на заседаниях городского совета. После этого выполняется перерасчет израсходованного тепла, и утверждаются тарифы, по которым будут платить потребители.

- Определим количество потребленного тепла по нормативу на отопление за январь:

$$Q_{отоп.норм.} = A \cdot q_{н.о.}, \quad (3)$$

где  $A$  – площадь здания, м<sup>2</sup>, ( $A = 2137$ );

$q_{н.о.}$  – норматив потребления тепловой энергии на отопление. Зависит от серии и этажности здания, ( $q_{н.о.} = 0,0226$ ) [8].

- Определим количество потребленного тепла по нормативу на ГВС за январь:

$$Q_{гвс.норм.} = F \cdot q_{н.гв.}, \quad (4)$$

где  $F$  – количество жителей, чел, ( $F = 82$ );

$q_{н.гв.}$  – норматив потребления тепловой энергии на ГВС. Норматив ГВС зависит от типа ванной (с душами, с ваннами 1500-1700 и т. д.) и используемой системы водоснабжения и водоотведения, ( $q_{н.гв.} = 0,25$ ) [8].

Таблица 2. Количество потребленной тепловой энергии по нормативу за расчетный период

Расчетный период	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал	Количество потребленного тепла на ГВС, Гкал	Суммарное количество потребленного тепла, Гкал
	$Q_{отоп.норм.}$	$Q_{гвс.норм.}$	$Q_{сумм.норм.}$
2015 г.	579,6	246,0	825,6

### 4. Определение количества потребленного тепла по показаниям узла учета

Результаты расчета представлены в (табл. 3).

При установке узлов учета в многоквартирном доме или частном доме оплата происходит непосредственно за потребленное тепло (Гкал) отапливаемым помещением. В случае если прибора учета нет — будет насчитываться сумма за потребленное тепло «по нормативу». Следует отметить, что значение «по нормативу» может в разы превышать фактически потребленное нами количество тепла. Именно поэтому сегодня как никогда встает вопрос установки узлов учета тепловой энергии.

Количество тепловой энергии  $Q$ , потребленной домою, определяется по формуле:

$$Q_{y,y} = \sum_{k=1}^p [q_{y,y} + q_n], \quad (5)$$

где  $q_{y,y}$  – тепловая энергия, израсходованная потребителем, по показаниям узла учета в месяц, Гкал, ( $q_{y,y} = 93,83$ );

$q_n$  – тепловые потери на участке от границы балансовой принадлежности системы теплоснабжения потребителя до его узла учета. Эта величина указывается в Договоре и учитывается, если узел учета оборудован не на границе балансовой принадлежности, Гкал, ( $q_n = 1,4$ );  
 $p$  – период работы системы отопления и ГВС в год, мес., ( $p = 9-12$ ).

Таблица 3. Количество потребленной тепловой энергии по показаниям узла учета за расчетный период

Расчетный период	Суммарное количество тепловой энергии, израсходованной потребителем, по показаниям узла учета в месяц, Гкал	Суммарное количество тепловых потерь на участке от границы теплоснабжения потребителя до его узла учета, Гкал	Суммарное количество потребленного тепла на отопление и ГВС по показаниям узла учета, Гкал/ч
	$Q_{у.у.}$	$Q_{п}$	$Q_{у.у.}$
2015 г.	688,14	16,8	704,94

Результаты расчета годовой потребленной тепловой энергии за один год по трем различным методам представлены в (табл. 4):

Таблица 4. Количество потребленной тепловой энергии, рассчитанное по различным методикам, за расчетный период

Расчетный период	Суммарное количество потребленного тепла, рассчитанное по нагрузке, Гкал	Суммарное количество потребленного тепла, рассчитанное по нормативу, Гкал	Суммарное количество потребленного тепла, рассчитанное по показаниям узла учета, Гкал
	$Q_{сумм.нагр.}$	$Q_{сумм.норм.}$	$Q_{у.у.}$
2015 г.	848,78	825,6	704,94

Определив суммарную величину потребления тепловой энергии разными методами, построим график, показывающий разницу потребляемой тепловой энергии (рис. 2):

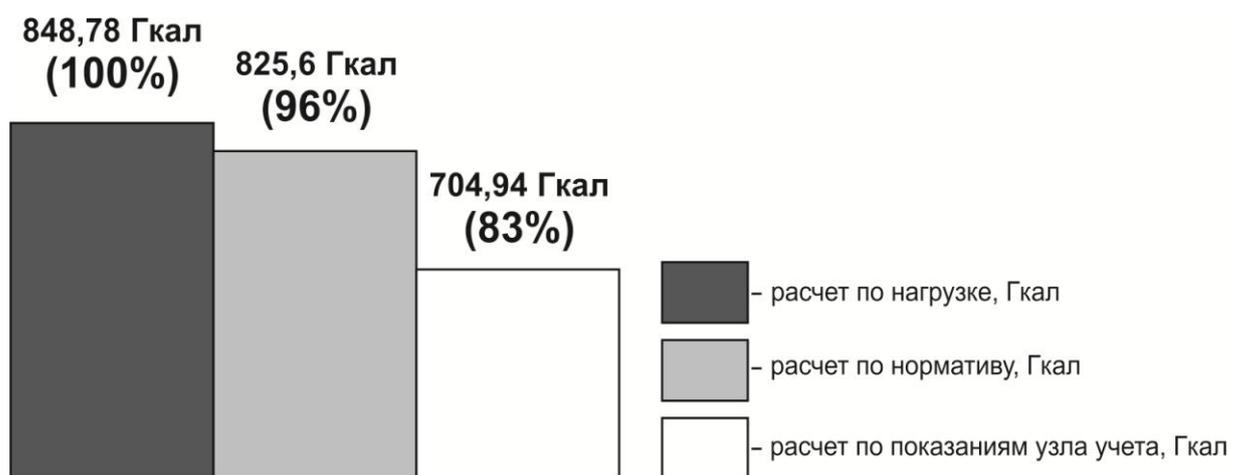


Рис. 2. Объем годовой потребляемой тепловой энергии, рассчитанной разными методиками

Как видно из рисунка 2, объем потребляемой тепловой энергии по показаниям узла учета на 17 % меньше, чем объем энергии, рассчитанный по нагрузке, и на 13 % меньше, чем количество энергии, рассчитанное по нормативу.

### 5. Расчет стоимости потребляемой тепловой энергии

Результаты расчета представлены в (табл. 5).

$$P = Q \cdot T, \quad (6)$$

где  $Q$  – суммарное потребление тепловой энергии, рассчитанное по разным методам;  
 $T$  – тариф на тепловую энергию, руб. [9].

Таблица 5. Стоимость потребленной тепловой энергии за расчетный период

Расчетный период	Стоимость потребленного тепла, рассчитанного по нагрузке, тыс. руб.	Стоимость потребленного тепла, рассчитанного по нормативу, тыс. руб.	Стоимость потребленного тепла, рассчитанного по показаниям узла учета, тыс. руб.
	$P_{\text{сумм.нагр.}}$	$P_{\text{сумм.норм.}}$	$P_{\text{у.у.}}$
2015 г.	1148,447	1125,750	954,647

Определив стоимость годовой потребленной тепловой энергии, построим график, показывающий разницу в стоимости тепловой энергии на отопление и ГВС (рис. 3):

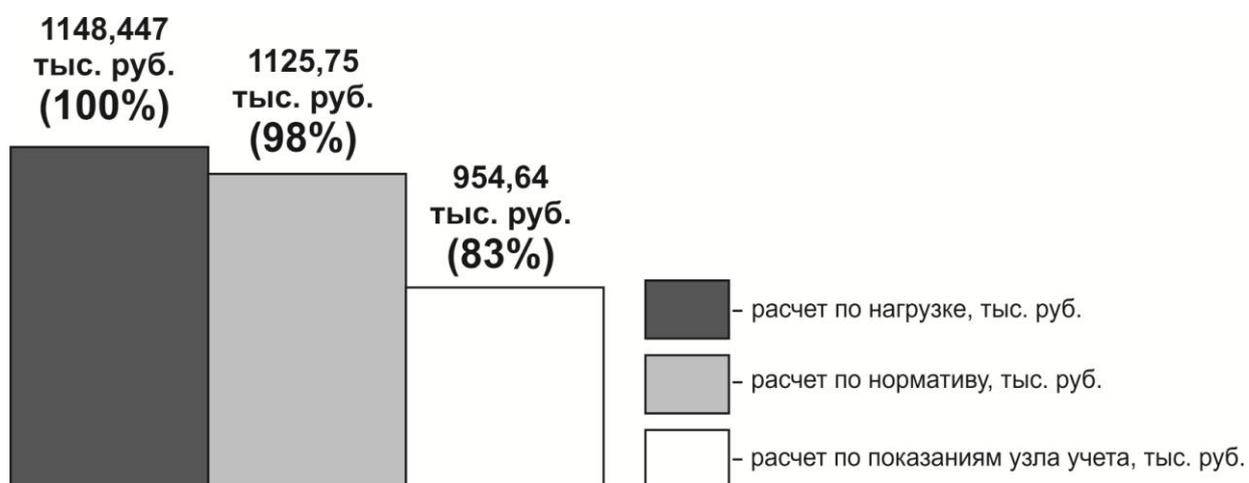


Рис. 3. Стоимость годовой потребляемой тепловой энергии, рассчитанной различными методами

Таким образом, экономия средств за счет средств автоматики составит 193,8 тыс. руб. (17 %) по сравнению со стоимостью потребленного тепла, рассчитанного по нагрузке и 171,1 тыс. руб (15 %), в сравнении со стоимостью тепловой энергии, рассчитанной по нормативу.

Данный расчет выявляет несоответствие между продаваемыми и покупаемыми энергоресурсами. С помощью УУТЭ ведется учет реально потребленной тепловой энергии. Экономия же самого тепла происходит за счет установки автоматики. Системы автоматизации позволяют уменьшить потребление тепловой энергии в зданиях не только в периоды оттепелей, но и в течение всего отопительного периода.

#### 6. Расчет экономической эффективности установки УУТЭ и САПТ

Для расчета окупаемости установки узлов учета тепловой энергии и автоматики рассчитаем затраты на приобретение оборудования, а также затраты на работы по техническому обслуживанию (при подготовке к отопительному и межотопительному сезону, промывке, гидравлическим испытаниям и т. д.), (табл. 6).

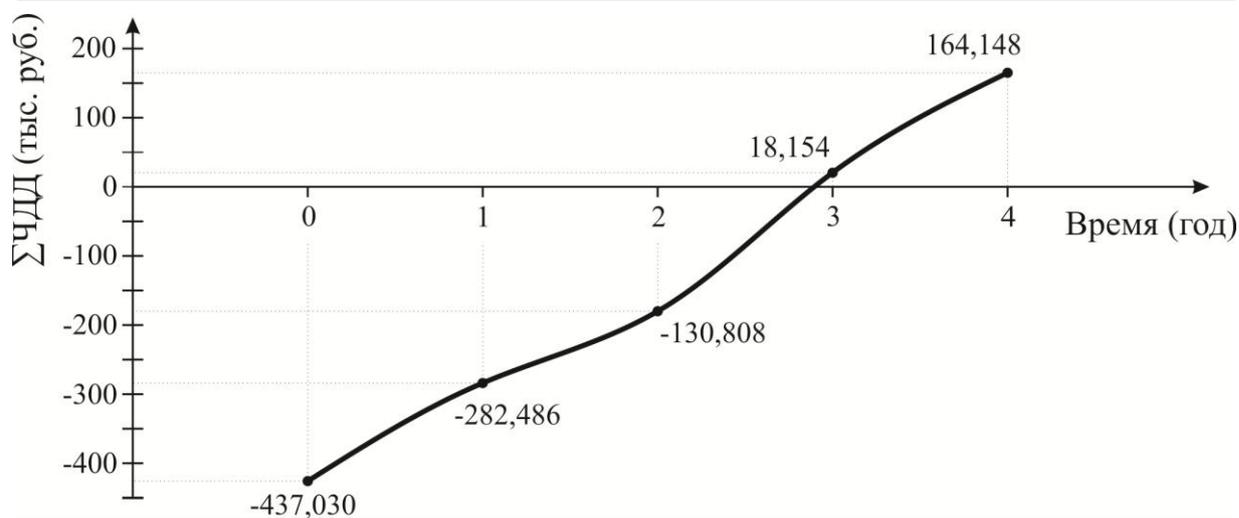
Таблица 6. Текущие и капитальные затраты на приобретение и эксплуатацию оборудования

№ п/п	Наименование затрат	Сумма
1	Стоимость оборудования	354,6 тыс. руб.
2	Стоимость монтажа, пуско-наладочных работ	82,3 тыс. руб.
3	Обслуживание системы автоматизации	1,4 тыс. руб./год
Итого:		437,03 тыс. руб.

Рассчитав капитальные и текущие затраты, определим экономию с учетом роста тарифа (табл. 7) и срок окупаемости затрат (рис. 4).

Таблица 7. Расчет окупаемости внедрения автоматизированных узлов учета тепловой энергии

Год	Характеристики оттока (капиталовложения)					Характеристики притока (экономию энергии)				Характеристики сальдо (доход)	
	Коэффициент дисконтирования	Капиталовложения и текущие затраты по годам	Дисконтированные капиталовложения	Дисконтированные капиталовложения	С нарастающим итогом	Экономия по годам с учетом роста тарифа	Дисконтированная экономия	Дисконтированная экономия	С нарастающим итогом	Окупаемость по годам без дисконта	Окупаемость по годам с дисконтом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0	1,000	437,03	437,03	437,03	0	0	0	-437,03	-437,03	-	-437,030
1	0,870	1,40	1,218	449,21	191,63	166,72	166,72	177,63	154,54	-	-282,486
2	0,756	1,40	1,058	459,79	214,63	162,26	328,98	200,63	151,67	-	-130,808
3	0,658	1,40	0,921	469,00	240,38	158,17	487,16	226,38	148,96	18,154	18,154



0,572	1,40	0,80	477,01	269,23	154,00	641,16	255,23	145,99	164,148
-	493,03	477,01	-	915,89	64,16	-	422,86	164,14	-

Рис. 4. Определение срока окупаемости

## 7. Заключение

Как видно из рисунка 4, рассчитанный срок окупаемости затрат не превышает 3-х лет, что говорит о привлекательности и экономической эффективности установки узла учета тепловой энергии (УУТЭ) и системы автоматического регулирования тепла (САРТ), которые позволяют:

- вести учет реально потребляемой тепловой энергии;
- контролировать процессы теплоснабжения;
- стимулировать потребителей к экономии тепловой энергии;

- повысить прозрачность отношений в сфере энергопотребления.

Наличие приборов учета – наличие информации о количестве и качестве продаваемых и покупаемых энергоресурсов, что технически обеспечивается автоматизированными системами сбора и обработки этой информации, доступной общественному и государственному контролю – условие прозрачности экономических отношений между поставщиком и потребителями.

#### *Литература*

1. Задвинская Т. О., Горшков А. С. Методика повышения энергоэффективности типового многоквартирного дома путем внедрения систем учета, автоматизации и регулирования тепловой энергии // Строительство уникальных зданий и сооружений 2014 № 8 (23). С. 79-92.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование: СП 60.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – М.: ФАУ «ФЦС», 2012. – 81 с.
3. Тепловая защита зданий: СП 50.133330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: ОАО ЦПП, 2012. – 100 с.
4. Строительная климатология: СП 131.133330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. – М.: ОАО ЦПП, 2012. – 113 с.
5. Пособие к СНиП 23-01-99 Строительная климатология. Справочное пособие к СНиП 23-01-99. – М.: НИИ строительной физики РААСН, 2006. – 97 с.
6. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения: СанПиН 2.1.4.2496-09. Изменение к СанПиН 2.1.4.1074-01. – М.: Минздрав России, 2009. – 7 с.
7. Внутренний водопровод и канализация зданий: СП 30.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\*. – М.: Минрегион России, 2012. – 65 с.
8. Портал ЖКХ г. Томска. Документ № 47 от 30.11.2012 «Об утверждении нормативов потребления коммунальных услуг на территории Томской области». [Электронный ресурс]. URL: [http://tomsk-gkh.ru/tariffs\\_documents/PRIKAZ\\_47\\_ob\\_utverzhenii\\_normativov\\_potreblenija\\_1\\_5315.pdf](http://tomsk-gkh.ru/tariffs_documents/PRIKAZ_47_ob_utverzhenii_normativov_potreblenija_1_5315.pdf). (дата обращения: 20.02.2016).
9. ИНТЕР РАО. Томск РТС. Тарифы и нормативы. [Электронный ресурс]. URL: <http://tomsk.tgk11.com/pages/3>. (дата обращения: 20.02.2016).