

## МОДЕЛЬ РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ПОСТАВЛЯЕМОЙ ЦТС ТЭЦ МЕЖДУ ПОДКЛЮЧЕННЫМИ И ЧАСТИЧНО ОТКЛЮЧЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ, НАХОДЯЩИМИСЯ В ОДНОМ ЗДАНИИ

*С.В.Бурцев, Институт энергетики АНМ  
И.Ф.Буркут, S.A. CET-Nord*

### ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях либерализации энергетических услуг возникает больше не регламентированных возможностей изменить существовавшие системы теплоснабжения, дать больше самостоятельности потребителям тепла. В то же время ввиду роста разницы в доходах проживающих в одном здании людей возникают проблемы, о которых не задумывались в момент постройки эксплуатируемого жилья. В частности, реально существуют строения, в которых имеются несколько условно независимых систем теплоснабжения. В данной работе рассматриваются два вида: Централизованное отопление (ЦТС-ТЭЦ), и не отапливаемые от ТЭЦ жилые площади – помещения, отапливаемые с помощью газовых котлов, электроэнергии или других источников тепла.

### ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Отключенными* от централизованной системы отопления площадями называются площади помещений, принимающие часть тепла через внутренние стены и перекрытия здания от смежных, подключенных к централизованной системе отопления, помещений. Это помещения, владельцы которых декларируют данные площади как площади помещений, где схема отопления изменена по сравнению с моментом сдачи дома в эксплуатацию, и требуют для этих площадей специальной схемы расчета потребляемой тепловой энергии, которую должны оплачивать в процентном отношении от показаний теплового счетчика, учитывающего расход тепловой энергии на все здание. Технически это помещения, в которых отсутствуют отопительные приборы в виде батарей централизованного отопления, конвекторов и других приборов, выпускаемых промышленно и предназначенных для теплообмена между теплоносителем и воздухом помещения, где эти приборы устанавливаются.

*Подключенными площадями* называются площади помещений, отапливаемые от ЦТС ТЭЦ, помещения, отдающие тепло более холодным помещениям, отключенным от ЦТС ТЭЦ через внутренние стены и перекрытия здания, которые не имеют такой тепловой изоляции, как внешняя стена дома. Это помещения, владельцы которых декларируют данные площади как площади помещений, где схема отопления не изменена, с которых производится основная тарификация оплаты за тепловую энергию по показаниям теплового счетчика. Технически это помещения, где установлены отопительные приборы, подключенные к отопительному контуру, получающему тепловую энергию от ТЭЦ посредством теплообменных устройств, в которых циркулирует теплоноситель городских теплосетей. Этот отопительный контур является тем контуром, где установлены приборы учета тепловой энергии на все здание. Эти помещения являются дополнительным источником тепловой энергии для отключенных помещений.

*Площади имеющие альтернативное отопление* - это площади, отапливаемые газовыми котлами, плитами, электроприборами, каминами и т.д. Для точного расчета каждой квартиры необходимы показания газового и электрического счетчиков, что на данный момент вызывает организационные сложности. Однако суммарный расход газа и электрической энергии можно определить как разность между данными о потреблении тепла в момент сдачи дома в эксплуатацию в СССР, когда принимается, что отопление достаточное и весь газ идет на приготовление пищи, и вся электроэнергия – на освещение, телевизоры, и современным состоянием в потреблении тепла.

Под современным состоянием принимается ряд средних удельных значений для отапливаемых помещений «большого дома» (см. определение далее) когда отопительной нагрузки недостаточно чтобы обеспечить

удельное отопление до 18 градусов во всех жилых помещениях (включая отключенные). Это возможно, так как тепловой счетчик косвенно учитывает все температурные изменения в здании (включение автономных котлов, плит, электроприборов) и, наблюдая за динамикой этих изменений, можно посчитать расходы газа и электроэнергии с достаточной точностью. Так как счетчик стоит на здание целиком, а не на каждую квартиру, для 1м<sup>2</sup> отключенной площади получается тариф, одинаковый на все здание. А сколько этих отапливаемых или не отапливаемых метров в квартире у каждого жильца - вопрос сколько он потратил газа и электроэнергии. То есть квартира, имеющая альтернативное отопление, разбивается на отапливаемый и не отапливаемый участки, тарифицируемые соответственно.

## ДАННЫЕ И МОДЕЛЬ РАСЧЕТА

В качестве исходных данных при расчете тепла, распределяемого между отапливаемыми и не отапливаемыми жилыми и прочими помещениями, теплообмена между помещениями центрального отопления и помещений, отапливаемых автономными котлами или не отапливаемыми площадями, предлагается принять следующие данные и условия:

1 Показания коммерческих приборов, проходящих регулярную поверку, таких как тепловой счетчик, газовый счетчик, электрический счетчик (при более точном расчете).

2 Гидравлическую схему дома, измеренные и вычисленные расходы воды, так как эта схема наименее подвержена частым изменениям и не зависит от температуры теплоносителя, окружающего воздуха или температуры в квартирах.

3 Геометрию здания, где площади - составная, а не определяющая часть, и количество этажей дома. При этом принимается, что основной геометрической формой строения является параллелепипед.

4 Все расходуемое тепло, получаемое от ТЭЦ и других источников, в конечном счете, уходит через условную наружную стену. Площадь этой стены включает в себя крышу, подвал, утечки через окна, вентиляцию и т. д., то есть имеет обобщенный коэффициент температурного сопротивления, который вычисляется по геометрии здания и показаниям теплового счетчика.

5 Температуру наружного воздуха, так как она является одинаковой для большинства

строений и от нее зависит температура теплоносителя на подаче в соответствии с утвержденным температурным графиком и, как следствие, температурная нагрузка отапливаемого здания.

Расчет включает в себя построение некоего виртуального геометрического подобия конкретного здания (в дальнейшем «малого дома» см. рис.1), включающего только площади, имеющие одинаковую систему теплоснабжения от ТЭЦ. Геометрическое подобие «малого дома» – условный виртуальный параллелепипед, имеющий внешнюю стену со всеми удельными температурными характеристиками реального дома (в дальнейшем «большого дома»).

Этот виртуальный «малый дом» имеет такие же пропорции длины, ширины и высоты, что и «большой дом». Такой подход исключает теплообмен между «квартирами» «малого дома». Внешняя стена, через которую происходят потери тепла, одинакова по температурному сопротивлению, но имеет меньшую, чем у «большого дома», площадь. Эта площадь вычисляется пропорционально отапливаемым от ЦТС ТЭЦ площадям. Таким образом, в «малом доме» отапливаются все площади, величина которых соответствует заявленным отапливаемым площадям в «большом доме», но не отапливаемых от ТЭЦ площадей в нем условно физически нет.

В «большом доме» (реальном) такие не отапливаемые площади есть, а, следовательно, есть и внутренние перетоки тепла между квартирами. При этом удельная тепловая нагрузка для «малого дома» и для «большого дома» рассматривается по показаниям теплового счетчика в разные моменты времени в соответствии с температурным графиком 120/70 и для каждого значения вычисляется температура внутри помещений, которые тарифицируются как отапливаемые на 100 %.

Так можно ответить на вопрос, - какой будет температура в квартирах подключенных потребителей, если отключенных квартир вообще не будет в здании. Это и есть температура квартир «малого дома», рассчитанная как функция от тарифицируемой площади тепловой нагрузки приведенной к площади наружной стены малого дома. После расчета полученные данные сравниваются с аналогичными показателями здания, состоящего из квартир, имеющих разнотипное отопление («большого дома»). Количество тепла, получаемое всем строением («большим домом»), равняется сумме

$$Q_0 = Q_{st} + Q_{fa} + Q_{fel} \quad (1)$$

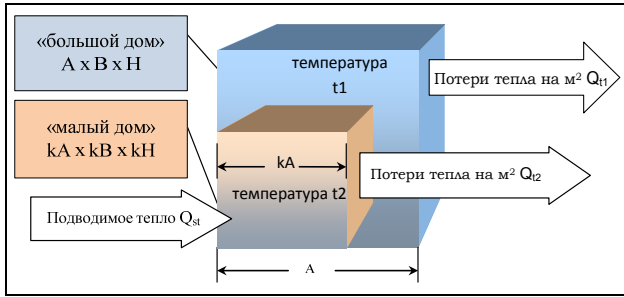


Рисунок 1. «Малый дом» не содержит отключенных площадей.

где:  $Q_{st}$  - тепло, полученное от ТЭЦ, измеренное по счетчику;

$Q_{fa}$  - количество тепловой энергии, выработанной автономными отопительными котлами и газовыми плитами;

$Q_{fe}$  - количество тепловой энергии, выработанной электрическими приборами.

Количество тепла, получаемого от ТЭЦ, определяется:

$$Q_{st} = c \cdot m \cdot (t_1 - t_2) \quad (2)$$

где:  $Q_{st}$  - количество тепла измеренное счетчиком,

$c$  - теплоемкость воды,

$m$  - масса (расход теплоносителя в трубопроводе, где счетчик тепла),

$dt$  - разница температур поступающего от ТЭЦ теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах ( $t_1$  зависит от температуры наружного воздуха и определяется по температурному графику).

Для расчета удельного отопления  $q_{f, st}$  Гкал/м<sup>2</sup>, получаемого от ТЭЦ, делим полученное тепло  $Q_{st}$ , измеренное по счетчику, на площадь, заявленную как площадь, отапливаемая от ТЭЦ.

$$q_{f, st} = Q_{st} / F_{st} \quad (3)$$

Для расчета количества тепла  $Q_{fa}$ , выработанного автономными котлами, применяем формулу:

$$Q_{fa} = \rho_m \cdot V_{nom} \cdot \eta \quad (4)$$

где  $Q_{fa}$  - количество тепловой энергии, выработанной каждым автономным отопительным котлом,

$\rho_m$  - удельная теплота сгорания газа (принимается по среднегодовому значению

на данный отопительный сезон), ккал/м<sup>3</sup>

$\eta$  - 0,9 КПД котла,

$V_{nom}$  - нормированный объем газа.

Нормированный объем газа израсходованные владельцем автономной отопительной системы для обогрева своей площади до температуры, обеспечивающей равенство удельного отопления  $q_f$  ккал/м<sup>2</sup> с потребителями, чьи площади отапливаются от центральных тепловых сетей, до удельного отопления  $q_{f, st}$ , так как в противном случае будут иметь место перетоки тепловой энергии от более теплых квартир к более холодным.

По данным о площади, отапливаемой от ТЭЦ, вычисляется условная площадь наружной стены «малого дома», через которую и уходит все поданное в дом тепло. Если рассматривать одну условную «квартиру» «малого дома», то все уходящее из нее тепло проходит только через наружную стену. Остальные три стены, пол и потолок не являются поверхностями утечек тепла, поскольку удельное отопление в «маленьком доме» одинаковое на всей внутренней площади. ( В « большом доме » тепло уходит не только через наружную стену подключенной квартиры). Количество тепла, уходящего через наружную стену, вычисляется по формуле:

$$Q_N = A_{ki} \cdot F_N \cdot \Delta t_N \quad (5)$$

где  $Q_N$  - количество тепла, уходящего с внешних поверхностей дома, за счет вентиляции и т.д.

$F_N$  - площадь условной наружной стены дома,  $A_{ki}$  - объединенный коэффициент конвекции / излучения этой внешней стены одинаковый для всех случаев,

$\Delta t_N = t_1 - t_N$  разница температур внутренней поверхности наружной стены и наружного воздуха  $t_N$ .

$$A_{ki \text{ малый дом}} = A_{ki \text{ большой дом}} \quad (6)$$

Допуская, что характеристика внешней стены дома одинакова для всех категорий квартир и незначительно изменилась со времени постройки дома ( $A_{ki} = \text{const}$ ), можно найти соотношение температур этой стены при учете только отапливаемых площадей («малый дом») и всех площадей в строении («большой дом»). При этом следует учитывать, что условно отключенные квартиры не являются накопителями тепла. Расчет должен производиться для каждого значения температуры окружающего воздуха по таблице 2.

Таблица 2. Температурный график.

Еочка	t нар. возд.	t прямой	точка	t нар. возд.	t прямой
1	-20	100,0	18	-5,74	74,23
2	-19,2	98,5	19	-4,90	72,71
3	-18,3	97,0	20	-4,06	71,19
4	-17,5	95,5	21	-3,23	69,68
5	-16,6	93,9	22	-2,39	68,16
6	-15,8	92,4	23	-1,55	66,65
7	-15,0	90,9	24	-0,71	65,13
8	-14,1	89,4	25	0,13	63,61
9	-13,3	87,9	26	0,97	62,10
10	-12,5	86,4	27	1,81	60,58
11	-11,6	84,8	28	2,65	59,06
12	-10,8	83,3	29	3,48	57,55
13	-9,9	81,8	30	4,32	56,03
14	-9,1	80,3	31	5,16	54,52
15	-8,3	78,8	32	6,00	53,00
16	-7,4	77,3	33	6,84	53,00
17	-6,6	75,7	34	7,68	53,00
18	-5,7	74,2	35	8,52	53,00

Для проведения таких вычислений по данным строениям на основе вышеописанной модели была разработана программа, окно с данными и контрольными результатами расчетов показано на рис 2.



Рисунок 2. Окно программы расчета.

При подстановке разных значений температуры внешнего воздуха соотношение тепла между отопляемыми и отключенными площадями снижается по мере увеличения температуры наружного воздуха. При этом принимается, что количество тепла, поступающего в дом (нагрузка) изменяется, так как при тех же гидравлических параметрах температура подачи возрастает в соответствии с утвержденным температурным графиком.

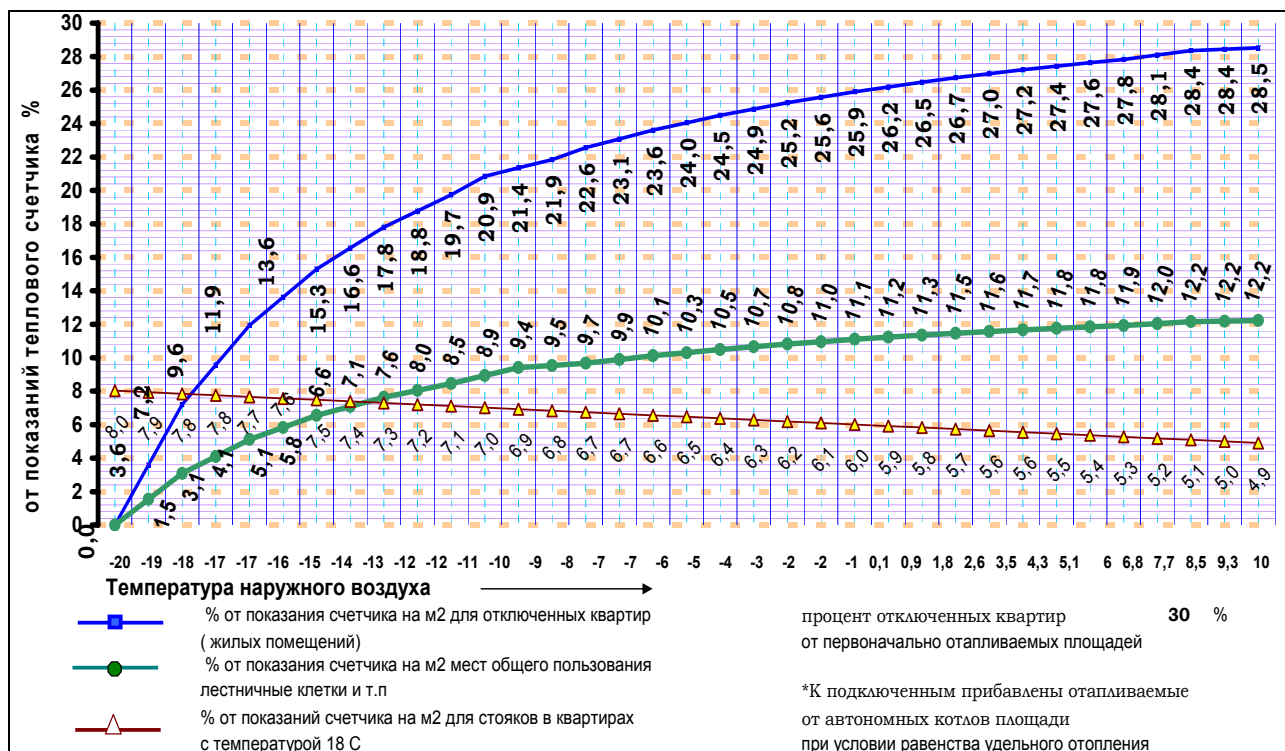
Подставляя полученные значения температуры подачи, мы можем построить график соотношения расхода тепла на

отапливаемые и условно отключенные квартиры для данного строения. После обработки данных по семи строениям по каждой температуре получен обобщенный график некоего условного строения, в котором отключены 30% квартир, этажность составляет от 3 до 10 этажей, строение имеет форму параллелепипеда с соотношением сторон от 1/3 до 1/10. Данный график (рис. 3) показывает степень влияния (в процентах от показания счетчика) отключенных квартир на тепловую нагрузку в промежуток времени, для которого температура внешнего воздуха остается неизменной (возможно применение среднемесячной температуры). Дальнейшее разбиение на потери в подъездах и т. д. рассчитываются как отношение температур, принятых при сдаче дома в эксплуатацию и по состоянию на сегодняшний день (\*начальный период «большой дом», без отопления подъездов).

## ВЫВОДЫ

1. Тепловую нагрузку в случае отключения отопительного прибора необходимо рассматривать в динамике, при изменении нагрузок, а не на кратковременный промежуток как было предложено ранее. Сравнение данных по изменению температуры обратной сетевой воды в случае, когда все площади были подключены, и современным состоянием показывает что в момент наступления оттепели температура не возрастает с такой скоростью как раньше а продолжает оставаться более низкой, чем ранее, в случае когда все площади были подключены. Это объясняется тем, что в подключенных помещениях возникают перетоки тепла, которое накапливается в отключенных помещениях, но не возвращается в подключенные помещения, а уходит через внешнюю стену строения в момент последующего похолодания. Тепло передается от нагретого тела к холодному и никогда наоборот. Это не позволяет снизить нагрузку на ТЭЦ и котельных в момент оттепели и затраты по этой нагрузке в конечном итоге несут подключенные потребители, не получая дополнительную температуру в своих квартирах.

2. Как показали расчеты для строения, в котором отключены 50% площадей, степень влияния этих площадей на показания теплового счетчика (и на нагрузку здания) становится меньше. Это объясняется тем, что для наилучшего теплообмена между подключенными и



**Рисунок 3.** Отношение распределения тепла в отключенных помещениях на м<sup>2</sup> площади по сравнению с подключенными помещениями при различной температуре наружного воздуха в соответствии с температурным графиком для прямой сетевой воды.

отключенными квартирами необходимо, чтобы они имели больше поверхностей теплопередачи. То есть больше смежных стен или перекрытий, а соседей больше чем 50 на 50 быть не может. Это одно из естественных ограничений модели. Естественно, что при увеличении числа отключенных помещений вероятность их расположения рядом возрастает и вариант, при котором каждая отключенная квартира находится в окружении подключенных, встречается реже. Поскольку в основе расчетов лежат геометрические зависимости, данный результат демонстрирует, что при дальнейшем увеличении количества отключенных площадей степень их влияния на тепловую нагрузку здания по показаниям счетчика будет уменьшаться.

3. Для дальнейших, более детальных расчетов (и для проверки теоретических предположений в отношении квартир с автономным отоплением) необходимы счета за газ потребителей, расположенных в этом доме. Зная средний КПД автономного котла, КПД газовой плиты, теплотворную способность газа и количество газа, оплаченного по счету, можно вычислить количество произведенного тепла. Автономный котел, поддерживающий температуру, может рассматриваться как измерительный прибор, который в отключенной

квартире поддерживает нормальную величину температуры и позволяет более точно рассчитать необходимое для достижения санитарных норм количество тепла. Такой модуль в программе присутствует, но ввиду отсутствия данных о потребленном газе он отключен.

### Литература

1. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, САНПИН 2.1.2.1002-00. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, Г.Г.Онищенко 15 декабря 2000 года
2. СНиП 2.04.05-91\* Отопление, вентиляция и кондиционирование
3. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование введены в действие с 01.01.2004г. Постановлением Госстроя России от 26 июня 2003г. № 115
4. СНиП II-3-79\* Строительные нормы и правила строительная теплотехника. Дата введения 1979-07-01
5. СНиП 23-02-2003
6. Оперативно – техническая документация, предоставленная по измерительным приборам БТЭЦ

**Recomandat spre publicare: 15.01.2009.**