

# УТОЧНЕНИЕ ПРАВИЛ ПЕРЕРАСЧЕТА ИЗМЕРЕННОГО ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОТОПЛЕНИЕ

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

многоквартирный дом (МКД),  
автоматическое  
регулирование подачи  
теплоты,  
система отопления,  
нормированный отопительный  
период (ноп),  
температура наружного  
воздуха,  
коэффициент пересчета

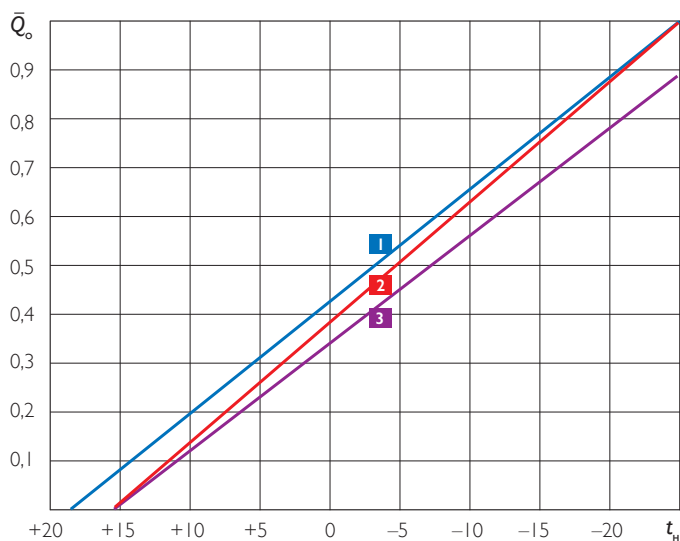
В. И. Ливчак, канд. техн. наук, независимый эксперт

Статья предназначена для проектировщиков, энергоаудиторов и специалистов, эксплуатирующих системы центрального отопления и контролирующих измерение и регулирование подачи теплоты на отопление любых зданий.



Данная публикация является продолжением статьи [1], в которой было показано, что при автоматическом регулировании подачи теплоты на отопление в зависимости от изменения температуры наружного воздуха по традиционному графику [2], реализуемому уравнением (1) (см. Формулы и рис., линия 1), наблюдается перерасход теплоты. Этот перерасход связан с тем, что не все составляющие теплового баланса любого здания зависят от изменения температуры наружного воздуха [3].

В частности, бытовые теплопоступления в многоквартирном доме (МКД), которые в зависимости от утепления здания составляют в среднечасовом исчислении за неделю от 12 % тепловой нагрузки системы отопления в домах, построенных до 1980 года, и до 21 % в домах, сооружаемых после 2000 года, проектируемых на базовый уровень сопротивления теплопередаче наружных ограждений, остаются практически постоянными в течение отопительного периода. Но при переходе на график регулирования подачи теплоты на отопление с учетом увеличивающейся с повышением температуры наружного воздуха доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе дома [4], реализуемый уравнением (2) (см. Формулы и рис., линия 2), и с учетом выявленного запаса тепловой мощности системы отопления (см. рис., линия 3), что устраняет перерасход теплоты на отопление, следует пересмотреть и правила пересчета на нормализованный отопительный период (ноп) фактически измеренного теплопотребления на отопление (традиционно этот пересчет на ноп выполняется по уравнению (3) для возможности сопоставления измеренного теплопотребления в разные отопительные периоды при разных температурах наружного воздуха или при измерении за неполный отопительный период).



1 – традиционный проектный по формуле (1); 2 – новый, оптимизированный с учетом увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе здания с повышением температуры наружного воздуха, по формуле (2), для многоквартирных домов, построенных до 1980 года ( $\bar{Q}_{от} = 0$  при  $t_n = 15$  °С); 3 – то же, что и новый график, построенный по формуле (2), но учитывающий выявленный запас тепловой мощности системы отопления («график Ливчака»\*) в размере 10 %. При большем запасе угол наклона графика будет еще меньше

\* Данный график назван «графиком Ливчака» (см. журнал «АВОК», № 1, 2014) в честь В. И. Ливчака, разработавшего и реализовавшего его на практике. – Прим. ред.

**Рис.** Графики изменения относительного расхода тепловой энергии на отопление  $Q_{от}$  в зависимости от температуры наружного воздуха  $t_n$  для разных режимов автоматического регулирования подачи теплоты на отопление

### Пример пересчета

В качестве примера расчета принят 12-этажный 1-подъездный блочный дом типовой московской серии И-18-01/12 с площадью квартир  $A_{кв} = 3\,618$  м<sup>2</sup>. В данном доме по проекту института МосжилНИИпроект выполнен в 2009 году комплексный капитальный ремонт с утеплением стен до  $R_{ст.пр} = 3,06$  м<sup>2</sup>·°С/Вт, заменой окон на более герметичные с  $R_{ок.пр} = 0,55$  м<sup>2</sup>·°С/Вт и устройством автоматизированного узла управления (АУУ) подачи теплоты в систему отопления здания [5].

В соответствии с московскими городскими строительными нормами МГСН 2.01-99, действующими на период проектирования, требуемый расчетный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию дома этой серии составил  $Q_{от.тр.}^p = 176$  кВт. Данная величина учитывает полученные в результате капремонта проектные значения сопротивлений теплопередаче наружных ограждений, фактическую заселенность дома из расчета 20 м<sup>2</sup> площади квартир на человека, соответственно принятой норме воздухообмена в 30 м<sup>3</sup>/ч на человека плюс дополнительные 5 % на инфильтрацию воздуха в ЛЛУ без пожарных переходов через балкон, и удельную величину бытовых теплопоступлений 17 Вт/м<sup>2</sup> площади жилых комнат. Сюда вошли также потери теплоты трубопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях, дополнительные теплопотери через радиаторные участки наружных ограждений здания и за счет округления в большую сторону при подборе площади нагрева отопительных приборов, оцениваемые вместе в 11 % к общим теплопотерям для зданий башенного типа.

Ниже приводится анализ, как будет изменяться пересчитанный на нормализованный отопительный период (для условий Москвы при ГСОП<sub>ноп</sub> = 4 943 градусо-суток) расход теплоты на отопление  $Q_{от.i}$ :

- при расчете на  $Q_{от} = 0$  при  $t_n = 18^\circ\text{C}$  за период длительностью 3 месяца с назначенным диапазоном  $i$ -х значений средних температур наружного воздуха за принятый период, условно изменяющихся от  $-10$  до  $2^\circ\text{C}$  при традиционном решении с использованием формулы (3) и при подаче теплоты на отопление по традиционной зависимости, указанной в формуле (1) (см. табл. 1, блок 1, колонки 1–5);

- при авторегулировании по оптимизированному графику в расчете на  $Q_{от} = 0$  при  $t_n = 12^\circ\text{C}$ , реализуемому уравнением (2) (табл. 1, блок 2, колонки 6–10);

- и в сравнении с реальными измерениями (табл. 1, колонки 11–14).

### Коэффициент пересчета

При осуществлении регулирования подачи теплоты в систему отопления дома в зависимости от температуры наружного воздуха и с учетом увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе дома с повышением наружной температуры

следует ввести в формулу (3) пересчета расхода теплоты на отопление на нормализованный отопительный период коэффициент пересчета  $K_{пер.ноп}$  (см. формулу (4)). Данный коэффициент пересчета равен отношению удельного годового расхода тепловой энергии на отопление, пересчитанного на нормализованный отопительный период при средней температуре наружного воздуха измеряемого периода, к такому же расходу, определенному при средней за период нормализованный отопительный период наружной температуре. Значения  $K_{пер.ноп}$  приведены в табл. 1 (колонка 10).

Как видно из табл. 1, при осуществлении регулирования подачи теплоты в систему отопления дома по графику Ливчака (колонка 7) и при пересчете на ноп (колонки 8–10) по традиционной формуле (3) результат выходит за рамки допустимой погрешности отклонений, принятой при измерении расхода тепловой энергии теплосчетчиками,  $\pm 4\%$  – максимальное отклонение в крайних значениях составляет  $-15\%$  для  $t_n^ф = 2^\circ\text{C}$  и  $+12\%$  для  $t_n^ф = -10^\circ\text{C}$ , что недопустимо.

С учетом изложенного выполнен пересчет на ноп по формуле (4) фактически измеренного расхода теплоты на отопление реального дома за последние месяцы 2009 года, равного 154,1 Гкал (табл. 1, колонка 12), при фактической средней температуре наружного воздуха за этот период  $t_{н.ср.фп} = -3,8^\circ\text{C}$ , для которой коэффициент пересчета равен 1,016 (табл. 2,  $K_{пер.ноп}^*$  с учетом интерполяции). В результате удельный годовой расход тепловой энергии на отопление при этом составит 112,5 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год (табл. 1, колонка 14). А за первые 3 месяца 2010 года  $Q_{от.ф}$  было равно 193,0 Гкал, при  $t_{н.ср.фп} = -8,0^\circ\text{C}$  и с учетом  $K_{пер.ноп} = 1,09$  удельный годовой расход тепловой энергии на отопление составит 111,2 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. Отклонение от средней величины  $q_{от.ф.ноп.ср.} = (112,5 + 111,2) / 2 = 111,85$  кВт·ч/м<sup>2</sup> не превышает  $\pm 0,6\%$ , что подтверждает правильность предлагаемого пересчета измеренного расхода теплоты на ноп с учетом  $K_{пер.ноп}$ .

В зависимости от региона строительства коэффициент пересчета расхода теплоты на отопление на нормализованный отопительный период  $K_{пер.ноп}$  следует определять для

Номер формулы в тексте	Формула
(1)	$\bar{Q}_{от.трад} = Q_{от} / Q_{от}^P = (t_b - t_n) / (t_b - t_n^P)$
(2)	$\bar{Q}_{от.нов} = (1 + Q_{вн} / Q_{от}^P) \cdot (t_b - t_n) / (t_b - t_n^P) - Q_{вн} / Q_{от}^P$
(3)	$Q_{от.ф.ноп трад} = Q_{от.ф} \cdot \text{ГСОП}_{ноп} / (t_b - t_{н.ср.фп}) / z_{фп}$
(4)	$Q_{от.ф.ноп.нов} = Q_{от.ф} \cdot \text{ГСОП}_{ноп} / (t_b - t_{н.ср.фп}) / z_{фп} / K_{пер.ноп}$

### Обозначения в формулах

$Q_{от}$  – расход тепловой энергии на отопление при текущей температуре наружного воздуха  $t_n$ , кВт

$Q_{от.р}$  – расчетный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания при расчетной для проектирования отопления и вентиляции температуре наружного воздуха  $t_{нр} = -26^\circ\text{C}$ , кВт

$t_b$  – расчетная температура внутреннего воздуха в здании,  $t_b = 20^\circ\text{C}$

$t_n$  – текущая температура наружного воздуха,  $^\circ\text{C}$

$t_{нр}$  – расчетная для проектирования отопления и вентиляции температуры наружного воздуха,  $^\circ\text{C}$

$Q_{вн}$  – внутренние (бытовые) теплопоступления, среднечасовые за отопительный период, кВт

$Q_{от.ф.ноп}$  – фактически измеренный расход тепловой энергии на отопление за период измерения (за отопительный период или часть его), пересчитанный на нормализованный отопительный период, Гкал

$Q_{от.ф}$  – фактически измеренный расход тепловой энергии на отопление за период измерения, Гкал

ГСОП<sub>ноп</sub> – градусо-сутки нормализованного отопительного периода: ГСОП =  $(t_b - t_{н.ср.ноп}) \times z_{ноп}$

$t_{н.ср.ноп}$  – средняя температура наружного воздуха нормализованного отопительного периода,  $^\circ\text{C}$

$z_{ноп}$  – длительность нормализованного отопительного периода, сут.

$t_{н.ср.фп}$  – средняя температура наружного воздуха за фактический период измерения,

$z_{фп}$  – длительность фактического периода измерения, сут.

$K_{пер.ноп}$  – коэффициент пересчета на нормализованный отопительный период измеренного расхода теплоты на отопление при регулировании ее подачи по графику с учетом увеличивающейся доли бытовых теплопоступлений в тепловом балансе дома с повышением наружной температуры («график Ливчака»)

**Таблица 1** Пересчет показателей измеренного расхода теплоты на отопление  $Q_{от,и}$  к нормализованному отопительному периоду (ноп)  $Q_{от,ноп}$  при разных средних температурах наружного воздуха за период измерений  $i$  и для различных методов пересчета по формулам (3) и (4) при ГСОП = 4 943 градусо-суток\*

Условная средняя за период измерений $t_{н,ф}, ^\circ\text{C}$	$Q_{от,и}$ при расчете на $Q_{от,и} = 0$ при $t_{н} = 18 ^\circ\text{C}$ , Гкал за 3 мес.	$Q_{от,ноп}$ пересчет в ноп на $Q_{от,и} = 0$ при $t_{н} = 18 ^\circ\text{C}$ , Гкал в год	$q_{от,ноп}$ при $t_{н,ф}$ пересчет в ноп, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год	$K_{пер,ноп} = q_{от,ноп} \cdot t_{н,ф} / q_{от,и}$ при $t_{н,ср} = -3,1 ^\circ\text{C}$	$t_{н,ф}, ^\circ\text{C}$	$Q_{от,и}$ при расчете на $Q_{от,и} = 0$ при $t_{н} = 12 ^\circ\text{C}$ , Гкал за 3 мес.	$Q_{от,ноп}$ пересчет в ноп на $Q_{от,и} = 0$ при $t_{н} = 18 ^\circ\text{C}$ , Гкал в год	$q_{от,ноп}$ при $t_{н,ф}$ пересчет в ноп, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год	$K_{пер,ноп} = q_{от,ноп} \cdot t_{н,ф} / q_{от,и}$ при $t_{н,ср} = -3,1 ^\circ\text{C}$	$t_{н,ф}, ^\circ\text{C}$	$Q_{от,и}$ при расчете на $Q_{от,и} = 0$ при $t_{н} = 12 ^\circ\text{C}$ , Гкал за 3 мес.	$Q_{от,ноп}$ пересчет в ноп на $Q_{от,и} = 0$ при $t_{н} = 12 ^\circ\text{C}$ , Гкал в год	$q_{от,ноп}$ пересчет в ноп, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	118,87	362,69	116,6	0,973	2	86,02	262,47	84,4	0,85				
1	126,29	365,07	117,4	0,980	1	94,62	273,52	87,9	0,89				
0	133,72	367,22	118,0	0,985	0	103,22	283,47	91,1	0,92				
-1	141,15	369,16	118,7	0,991	-1	111,83	292,47	94,0	0,95				
-2	148,58	370,93	119,2	0,995	-2	120,43	300,65	96,6	0,97				
-3	156,01	372,54	119,8	1,000	-3	129,03	308,12	99,0	1,00				
-4	163,44	374,02	120,2	1,004	-4	137,63	314,96	101,2	1,02	-3,8	154,1	349,9	112,5
-5	170,87	375,38	120,7	1,007	-5	146,24	321,26	103,3	1,04				
-6	178,30	376,63	121,1	1,011	-6	154,84	327,08	105,1	1,06				
-7	185,73	377,80	121,4	1,014	-7	163,44	332,46	106,9	1,08				
-8	193,16	378,88	121,8	1,017	-8	172,04	337,46	108,5	1,09	-8,0	193,0	345,86	111,2
-9	200,58	379,88	122,1	1,019	-9	180,64	342,12	110,0	1,11				
-10	208,01	380,82	122,4	1,022	-10	189,25	346,46	111,4	1,12				

\* Пояснения к таблице и численный пример пересчета на ноп приведены в полной версии статьи, опубликованной на [www.abok.ru](http://www.abok.ru).

**Таблица 2** Значения коэффициента пересчета на нормализованный отопительный период измеренного расхода тепловой энергии  $K_{пер,ноп}$  в формуле (4) при разных за период измерения средних температурах наружного воздуха (от -10 до 2 °C) для различных ГСОП<sub>ноп</sub>

$t_{н,ср}, ^\circ\text{C}$	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2,2	-1	0	+1	+2
$K_{пер,ноп}^*$	1,12	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,02	1,0	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85
$K_{пер,ноп}^{**}$	1,15	1,13	1,12	1,10	1,08	1,06	1,04	1,02	1,0	0,97	0,94	0,90	0,87

\* для ГСОП<sub>ноп</sub> = 4 943 градусо-суток; \*\* для ГСОП<sub>ноп</sub> = 4 551 градусо-суток.

каждого нового значения ГСОП, соответствующего данному региону. В табл. 2 представлены требуемые значения коэффициента пересчета для ГСОП<sub>ноп</sub> = 4 943 градусо-суток (соответствуют значениям табл. 1, колонка 10) и значения  $K_{пер,ноп}$  определенные нами по той же методике для Москвы в соответствии с новыми требованиями СП 131.13330.2011 «Строительная климатология» ГСОП<sub>ноп</sub> = 4 551 градусо-

суток и  $t_{н,ср,ноп} = -2,2 ^\circ\text{C}$  (табл. 2,  $K_{пер,ноп}^{**}$ ).

### Литература

- Ливчак В. И. Оптимизация алгоритма подачи теплоты на отопление в зданиях: экономия от 15 до 40 % и более без дополнительных инвестиций // Энергосбережение. 2020. № 2.
- Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Энергия, 1975.

3. Ливчак В. И. О температурном графике отпуска тепла для систем отопления жилых зданий // Водоснабжение и санитарная техника. 1973. № 12.

4. Ливчак В. И. Реальный путь повышения энергоэффективности за счет утепления зданий // АВОК. 2010. № 3.

5. Ливчак В. И., Забегин А. Д. Стратегия автоматического регулирования систем отопления многоквартирных домов // Энергосбережение. 2016. № 3. ■