



ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЖИЛОГО ДОМА УСАДЕБНОГО ТИПА

В. Г. Барон, канд. техн. наук, профессор, директор ООО «Теплообмен», Севастополь

Год назад в журнале «Энергосбережение» были описаны¹ малозатратные технические энергосберегающие решения, внедренные в административно-производственном и жилом зданиях, расположенных в Севастополе. Мероприятия направлены на повышение энергоэффективности этих двух зданий и применены как в строительных конструкциях, так и в инженерных системах. Проанализируем эффективность принятых энергосберегающих решений при эксплуатации жилого дома усадебного типа².



В жилом здании усадебного типа помимо основных энергосберегающих мероприятий (см. справку) было внедрено инженерное решение, относящееся к более широкому понятию – ресурсосбережению, а именно: жилой дом оснащен дублирующей системой водоснабжения, которая запитана с помощью скважинного насоса от подземного источника пресной воды. Глубина залегания водоносного слоя незначительна – порядка 18 м, что практически соответствует высоте участка над уровнем неподалеку находящегося моря, куда стекает вода из этого водоносного слоя.

Подача скважинной воды в гидравлическую систему осуществляется не напрямую от скважинного насоса, а через бак-аккумулятор объемом 500 л. Примененная в доме гидравлическая схема позволяет использовать воду дублирующей системы как для запитывания всей системы пресного водоснабжения дома, так и только для подачи воды дублирующей системы исключительно на хозяйственные нужды: смыв унитазов, полив растений приусадебного участка. Эта возможность является важной ресурсосберегающей функцией, особенно в Севастополе, где в летний период вода всегда являлась дефицитным ресурсом, тем более что ситуация с водоснабжением еще

¹ См. статью «Малозатратные энергосберегающие решения для энергоэффективных зданий» в журнале «Энергосбережение», № 1, 2015.

² Приведены результаты только по зданию усадебного типа, поскольку в течение 2015 года именно оно полноценно эксплуатировалось.

больше осложнилась в связи с осуществляемой Украиной блокадой Крымского полуострова.

Данная дублирующая система выполняет еще одну важную энергоэффективную функцию: летом обеспечивает подачу подземной прохладной воды в доводчики воздуха. В данном случае подземная вода используется в виде хладоносителя и, выполнив отведенную ей роль, направляется на полив растений приусадебного участка.

Следует отметить, что в прошедшие весенний и осенний периоды года комфортная температура в доме поддерживалась естественным образом. Это значит, что не использовались никакие технические средства: котел не эксплуатировался в режиме отопления, не использовались доводчики воздуха и рекуператоры «ТеФо».

Летний период

Технические решения, заложенные в строительных конструкциях жилого дома, в целом эффективно поддерживали качество внутреннего воздуха. От перегрева в жаркие дни помещения защищали козырьки-балконы, позволяющие не закрывать окна шторами или жалюзи и при этом исключая радиационный нагрев помещений. Помимо этого, положительно сказывалось влияние прохладного скального грунта, близко расположенного вдоль двух стен дома. Вентилируемый фасад помогал избегать потерь холода.

Однако все же в основных помещениях, геометрически расположенных диаметрально противоположно от скального массива и ориентированных на юг, наблюдалась некомфортная повышенная температура. Так, при температуре наружного воздуха 36 °С в этих помещениях температура воздуха достигала 28–29 °С.

Охлаждение помещения доводчиками воздуха

Чтобы избежать перегрева внутреннего воздуха, включались доводчики воздуха, обеспечивающие практически бесплатное кондиционирование воздуха, благодаря использованию в качестве хладоносителя скважинной прохладной воды. Естественно, что в период работы доводчика воздуха окна были закрыты, а воздухообмен в помещении обеспечивался с помощью децентрализованных рекуператоров тепла вентиляционного воздуха марки «ТеФо».

Доводчик воздуха представляет из себя кожухотрубный теплообменный аппарат с площадью теплопередачи, равной 1,6 м². Он смонтирован в смежном с основным помещением так, чтобы его заборные патрубки открывались в обслуживаемом помещении максимально близко к потолку, а патрубки, подающие охлажденный воздух, – примерно на 500 мм ниже (рис. 1).

Основные энергосберегающие мероприятия, примененные в жилом здании усадебного типа:

В строительных конструкциях:

- учтена ориентация по сторонам света;
- использован сложный рельеф участка расположения здания, что позволило защитить здание от прямого воздействия холодных зимних ветров и одновременно использовать прохладу скального массива в летний период;
- большинство световых проемов экранированы от южного летнего палящего солнца козырьками-балконами, ширина которых выбрана такой, чтобы в зимний период лучи низко расположенного солнца беспрепятственно проникали вглубь помещений;
- заполнение стен между несущими колоннами выполнено из местного камня – ракушечника, обладающего высоким термическим сопротивлением;
- устроен навесной вентилируемый фасад, причем для усиления энергосберегающего эффекта в вентилируемый зазор помещены плиты из минеральной ваты;
- цокольный этаж утеплен пенополистиролом;
- оба входа в дом снабжены тамбурами;
- стеклопакеты окон имеют тройное остекление, т. е. являются двухкамерными.

В инженерных системах:

- вся общеобменная вентиляция осуществляется с помощью децентрализованных рекуператоров тепла вентиляционного воздуха марки «ТеФо», работа которых настраивалась индивидуально в зависимости от назначения помещения и с учетом времени суток;
- отопление обеспечивается только посредством теплых полов, причем обеспечена возможность индивидуальной настройки контура отопления каждого помещения в отдельности (в т. ч. и вспомогательных помещений – кладовой и всех коридоров);
- в качестве источника тепла использован конденсационный газовый котел с закрытой топкой;
- основное помещение каждого этажа оборудовано доводчиком воздуха, гидравлическая схема подключения которого обеспечивает возможность использования его в качестве локального кондиционера летом и дополнительного отопительного прибора зимой.

Эффективность эксплуатации доводчика воздуха

Теплопередающие трубки, по которым прокачивалась скважинная вода, обдувались с помощью вентиляторов воздухом помещения с расходом 340 м³/ч. Измеренная лабораторными термометрами с ценой деления 0,1 °С температура воздуха составляла:

- на входе в доводчик 27,3 °С,
- на выходе из доводчика 21 °С.

При этом расход скважинной воды через доводчик был равен 263 л/ч, а ее температура на входе в доводчик достигала 16 °С. Следовательно, мощность охлаждения, обеспечиваемая доводчиком, равнялась 605 ккал/ч или 704 Вт.

Чтобы оценить энергоэффективность использования рассматриваемого доводчика, сопоставим количество холода, полученное в результате его эксплуатации, с необходимым для его работы количеством энергии.

Как было отмечено, для работы доводчика по прямому назначению через него прокачивалось 263 л/ч воды, которая подавалась из бака-аккумулятора, наполняемого скважинной водой посредством работы скважинного насоса. Данный насос потребляет 820 Вт, обеспечивая подачу 1800 л/ч при напоре 32 м вод. ст. (марка насоса и рабочая точка на его характеристике обусловлены высотой дома и необходимым давлением в баке-аккумуляторе). Следовательно, для обеспечения ежечасной прокачки 263 л насос потреблял около 120 Вт•ч. К этой величине нужно добавить энергию на привод двух рекуператоров – еще практически 20 Вт•ч. Итого общий часовой расход

энергии составлял 140 Вт•ч. Это обеспечивало работу доводчика воздуха в вышеописанном режиме и выработку в течение часа энергии по холоду 700 Вт•ч.

Получается, что коэффициент энергетической эффективности рассматриваемого технического решения составлял 5,0. При использовании современного традиционного кондиционера лучшего образца аналогичный показатель при тех же температурах внутреннего и наружного воздуха находится на уровне 3,2. Мы можем сделать вывод о высокой энергоэффективности метода охлаждения воздуха с помощью доводчика воздуха, примененного в рассматриваемом жилом доме.

Работа над ошибками

Следует отметить, что фактическая температура скважинной воды оказалась значительно выше ожидаемого расчетного значения. Согласно справочной литературе, температура скважинной воды должна быть на уровне 11 °С. Однако фактически она оказалась равной 16 °С. В результате фактическая тепловая мощность (мощность охлаждения), обеспечиваемая одним доводчиком, составила 700 Вт, а этого оказалось недостаточно для обеспечения необходимой температуры воздуха в помещении площадью около 20 м², обслуживаемом доводчиком.

Если бы перед проектированием доводчика была определена реальная температура используемого источника подземной воды, можно было бы установить доводчик воздуха большего типоразмера. Это никоим образом не сказалось бы на расходе энергии, а лишь немного увеличило бы первоначальные затраты.

Вместе с тем, полученные фактические данные позволяют сделать вывод о принципиальной правильности выбранного подхода: при наличии значительного количества бросового низкопотенциального холода (в нашем случае – скважинной воды) существует реальная возможность обеспечить ощутимое снижение температуры внутреннего воздуха в помещениях более энергоэффективным методом по сравнению с использованием традиционных кондиционеров. Последние не только требуют ощутимых капитальных затрат, но и потребляют значительно больше электроэнергии, чем необходимо для функционирования доводчика воздуха (практически бесплатного кондиционера). Однако, прорабатывая возможность использования доводчика воздуха, необходимо располагать достоверными данными о реальной температуре источника холода, что позволит правильно выбрать необходимую поверхность теплообмена такого доводчика.



Рис. 1



Рис. 2

Зимний период

В начале января 2015 года в Севастополе в течение нескольких дней подряд температура наружного воздуха круглые сутки не превышала нулевую отметку. Это позволило провести необходимые для анализа измерения. Временной интервал, в течение которого выполнялись замеры, составил 24 ч. До и в течение периода измерений температура наружного воздуха оставалась на отметке $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. В последние годы такой температурный режим стал вполне типичным для зимнего Севастополя. Достаточно продолжительное стояние температуры на уровне $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ позволило сделать выводы об энергоэффективности дома в холодный период года с опорой на фактические данные.

Энергопотребление дома

Посмотрим на энергозатраты дома при поддержании в его помещениях комфортной температуры ($21\text{ }^{\circ}\text{C}$) в период длительного стояния на улице отрицательной температуры.

Следует подчеркнуть, что в период с октября по апрель включительно все герметичные окна в доме оставались закрытыми. Благоприятные параметры воздуха в доме поддерживались благодаря круглосуточной работе децентрализованных рекуператоров тепла вентиляционного воздуха марки «ТеФо», что обеспечивало энергосберегающую вентиляцию.

Измеренный коммерческим прибором учета (рис. 2) расход природного газа за сутки, спустя несколько дней после установления на улице отрицательной температуры, составил $27,8\text{ м}^3$ или $261\,300\text{ ккал/сут.}$ при теплотворной способности метана $9\,400\text{ ккал/м}^3$. Это общий расход газа на дом, включая отопление, горячее водоснабжение, а также приготовление пищи³.

Если опираться на действующие нормы, на обеспечение горячего водоснабжения и приготовление пищи для по-

стоянно находящихся в доме трех человек требуется не менее $16\,500\text{ ккал/сут.}$ (это даже не верхняя граница нормы). Получается, что на поддержание комфортного температурного режима в доме расходовалось до $244\,800\text{ ккал/сут.}$

Отапливаемая площадь составляет $399,8\text{ м}^2$ (отапливаемый объем $1\,179,4\text{ м}^3$). Тогда на поддержание комфортной температуры внутреннего воздуха в доме нужен удельный суточный расход тепла в размере $612,3\text{ ккал/м}^2$. Следовательно, приведенная к часу удельная тепловая мощность на поддержание комфортной температуры составила $25,5\text{ ккал/(ч}\cdot\text{м}^2)$ или $29,7\text{ Вт/м}^2$.

Если учесть, что нормативная минимальная температура наружного воздуха для Севастополя равна $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$, то для поддержания той же комфортной температуры в помещениях по нормативу потребуется тепловая мощность около $41,5\text{ Вт/м}^2$, что вдвое меньше современной нормативной тепловой мощности для Севастополя.

Добавим, что в зимний период не потребовалось использование доводчиков воздуха, т.к. задача прогрева дома полностью обеспечивалась за счет теплых полов, температура на поверхности которых в большинстве помещений не превышала $24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Резюме

■ Использованные в доме проектные решения в строительных конструкциях и инженерных системах оказались весьма энергоэффективными. Благодаря им дом обладает высокими энергосберегающими и ресурсосберегающими характеристиками.

■ Высокие показатели по энергоэффективности в зимний период года были достигнуты в рассматриваемом доме в значительной мере благодаря широкому применению децентрализованных рекуператоров тепла вентиляционного воздуха марки «ТеФо». Беспрерывная работа данного оборудования в период с октября по апрель позволила поддерживать в доме комфортный микроклимат, расходуя на это минимальное количество тепловой энергии. Напомним, что в современном, качественно утепленном доме потери тепла с вентиляционным воздухом при отсутствии рекуперации могут достигать 70% от общих теплопотерь дома.

■ Подтвердилась целесообразность использования доводчиков воздуха в режиме кондиционирования в летний период года при наличии доступа к возобновляемым источникам низкопотенциального холода. При практической реализации этого технического решения большое значение имеет корректное формулирование исходных данных. ■

³ Дом оборудован и газовой плитой, и газовым духовым шкафом.