

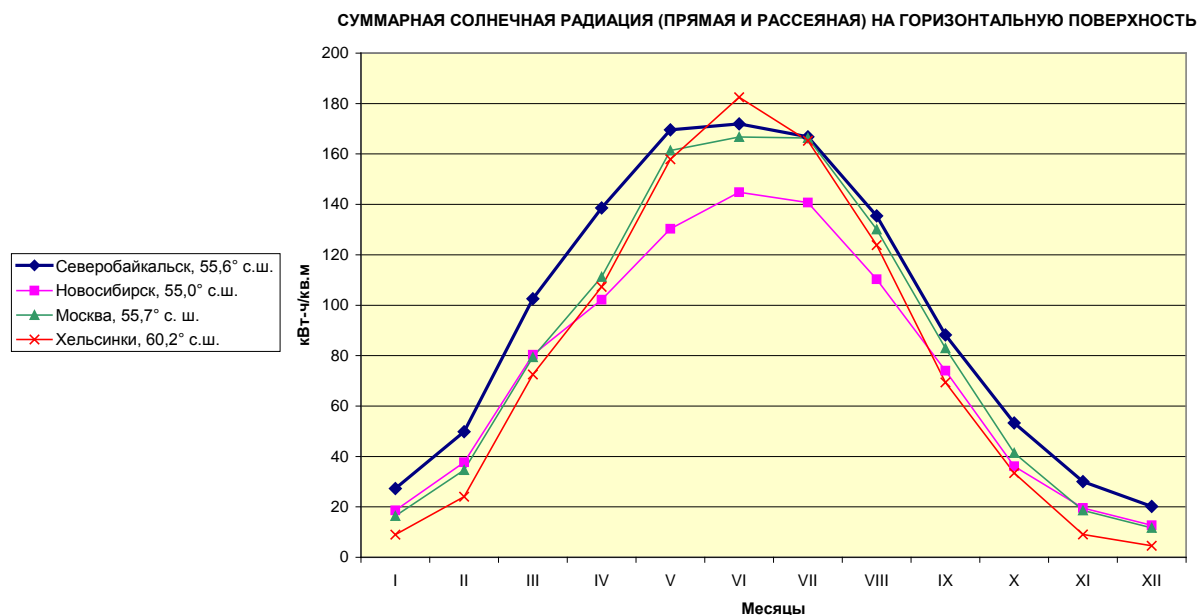
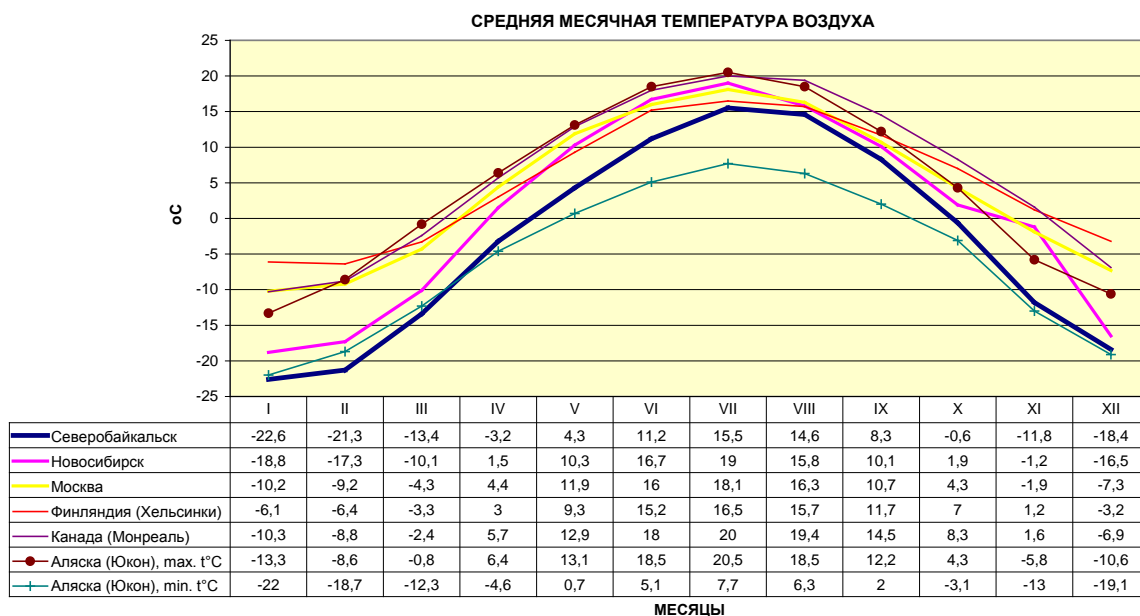
УДК 621.311.25:551.521.1

СОЛНЕЧНОЕ ОТОПЛЕНИЕ. ОСНОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Ажичаков Ю.В.

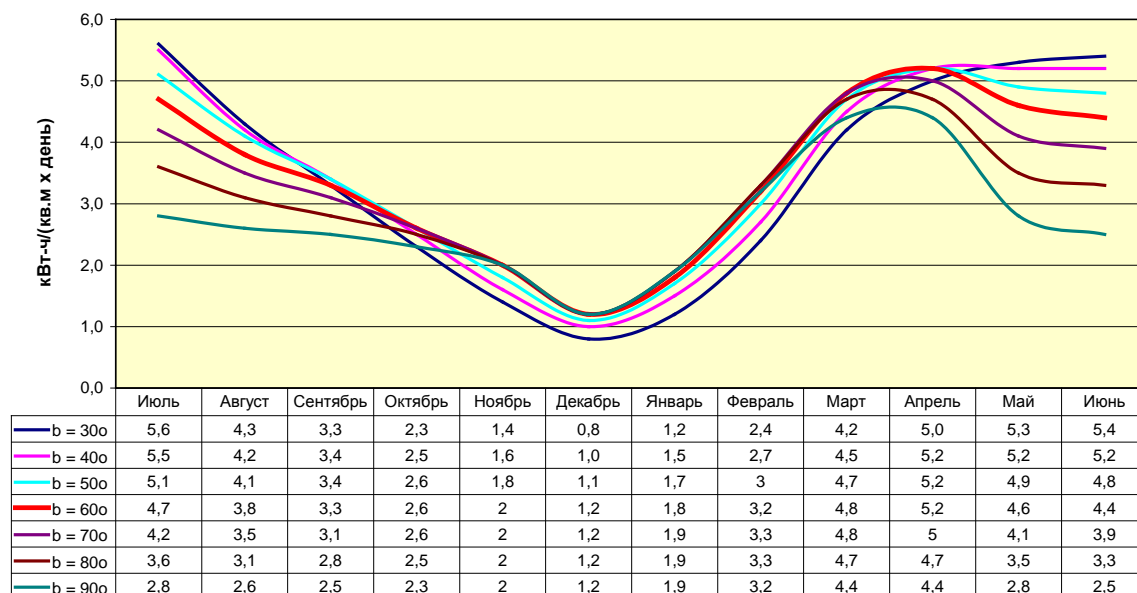
Индивидуальный предприниматель, г. Северобайкальск

Для практического использования солнечной энергии в отоплении зданий необходимо знать климатические параметры места строительства. Это, в первую очередь, средняя температура наружного воздуха и количество солнечной энергии, поступающей на горизонтальную поверхность. Эти данные должны быть, хотя бы, среднемесячные, лучше, если они будут подекадными.



Для определения оптимального угла наклона солнечных коллекторов пересчитывают количество солнечной энергии поступающей на горизонтальную поверхность, на наклонную поверхность.

Среднемесячное суммарное дневное количество солнечной энергии поступающей на наклонную поверхность южной ориентации, кВт-ч/(кв.м x день)
(Северобайкальск)



Производительность солнечных коллекторов сильно зависит от их коэффициента полезного действия и температуры теплоносителя.

Характеристика солнечного коллектора описывается следующей формулой:

$$\eta = \eta_0 - K_k y$$

где: η_0 – оптический КПД;

K_k – коэффициент тепловых потерь;

$$y = (T_{ж} - T_0) / I_k$$

$T_{ж}$ – температура теплоносителя, °С;

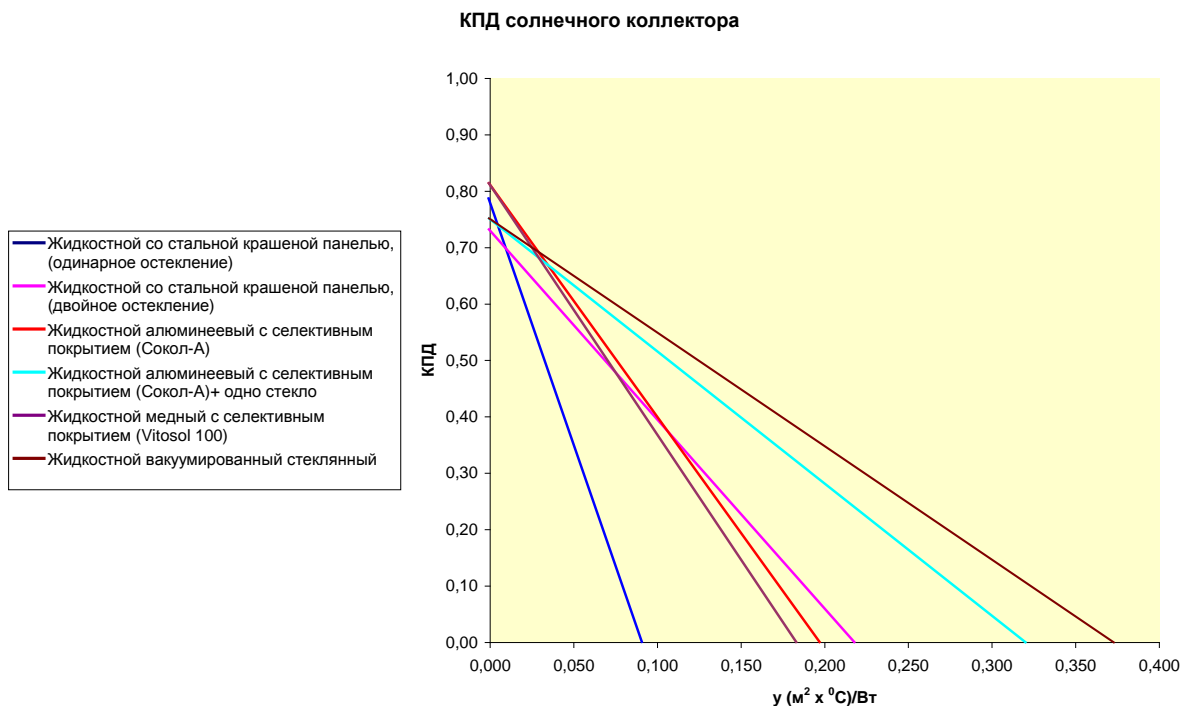
T_0 – температура окружающей среды, °С;

I_k – плотность потока солнечной энергии, Вт/м². [1]

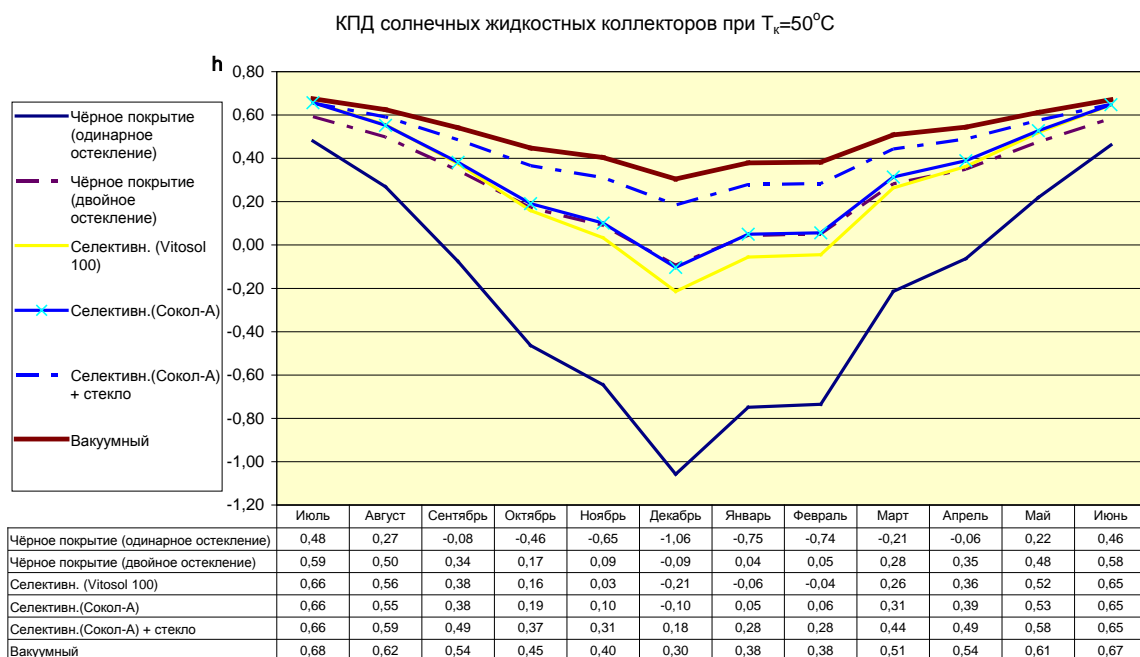
Тип коллектора	Расчётная формула
Жидкостной со стальной крашенной панелью (однослойное остекление)*	$\eta = 0,79 - 8,3 y$
Жидкостной со стальной крашенной панелью (двухслойное остекление)	$\eta = 0,73 - 3,7 y$
Жидкостной алюминиевый с селективным покрытием (Сокол-А)	$\eta = 0,81 - 4,1 y$
Жидкостной алюминиевый с селективным покрытием (Сокол-А) + одно стекло	$\eta = 0,75 - 2,54 y$
Жидкостной медный с селективным покрытием (Vitosol 100)	$\eta = 0,81 - (3,48 + 0,0164(T_{ж} - T_0))y$
Жидкостной вакуумированный стеклянный	$\eta = 0,75 - 2 y$

* Солнечный коллектор СКС [2]

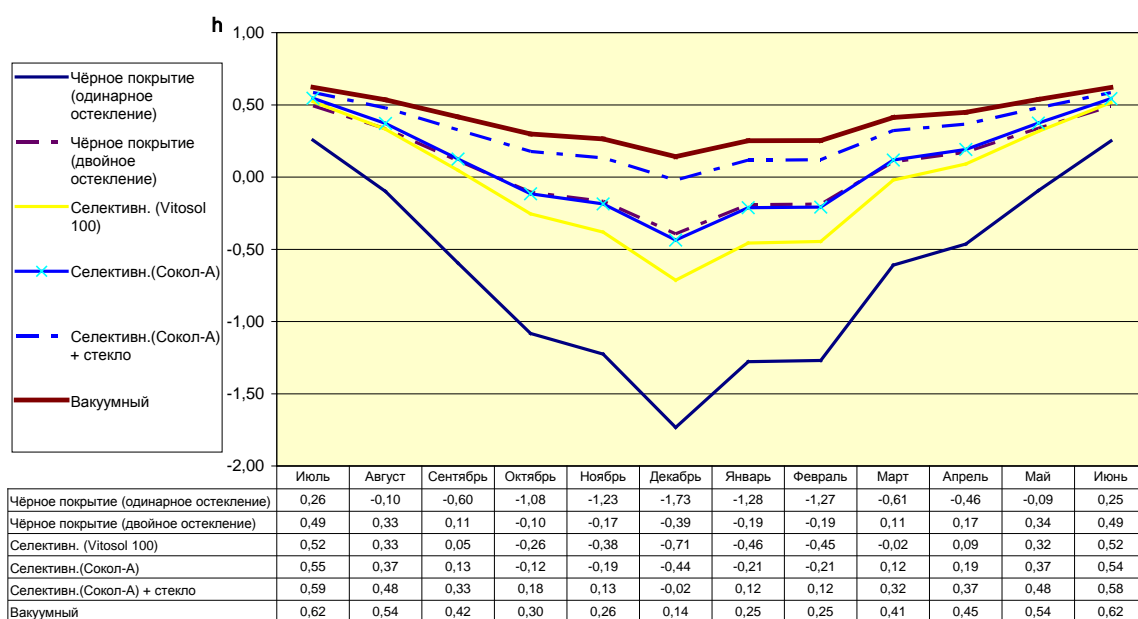
При добавлении к существующим коллекторам дополнительной металлической рамы с одинарным остеклением сопротивление теплопередачи коллекторов увеличивается на $0,15 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$ [3], но снижается оптический КПД.



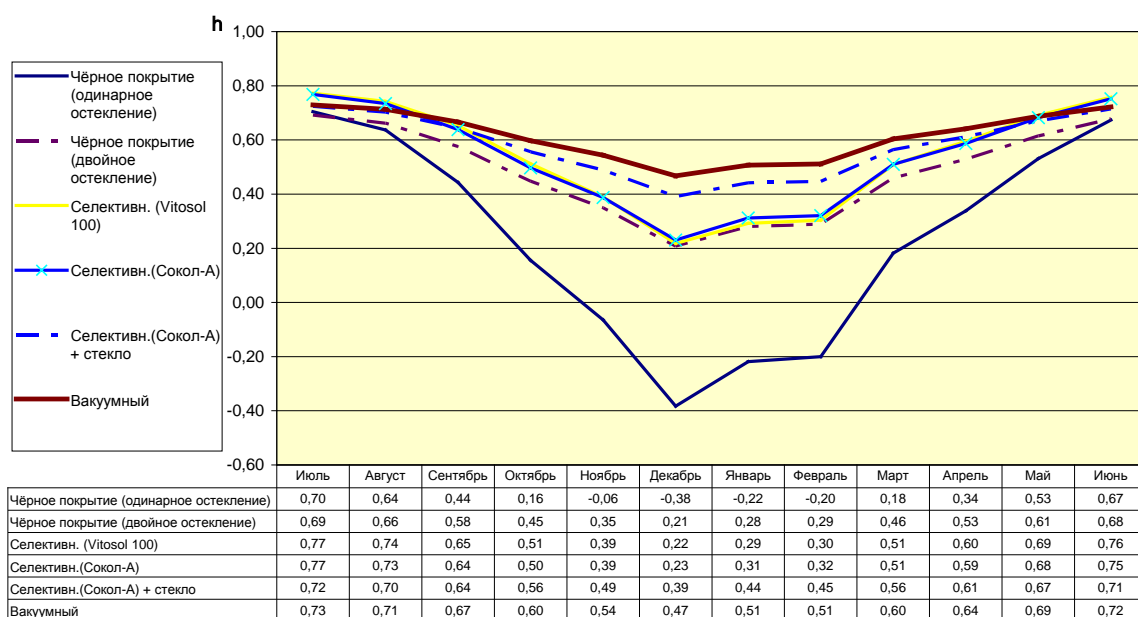
На приведённом ниже графике показаны значения КПД различных коллекторов в течение года при средних температурах теплоносителя $T_k = 50; 75$ и 25°C . Угол наклона коллекторов к горизонту составляет 60° – оптимальное значение для условий Северобайкальска при круглогодичном использовании. Ориентация – южная.



КПД солнечных жидкостных коллекторов при $T_{\kappa}=75^{\circ}\text{C}$



КПД солнечных жидкостных коллекторов при $T_{\kappa}=25^{\circ}\text{C}$



Из графиков и таблиц значений можно сделать следующие основные выводы:

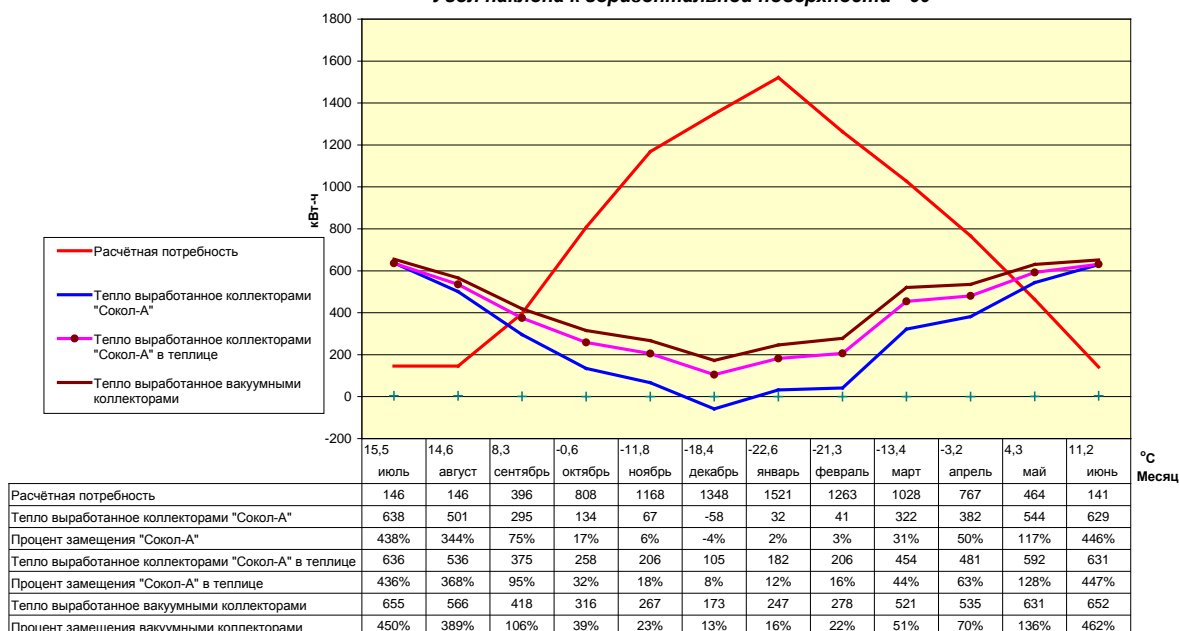
- Средняя температура теплоносителя сильно влияет на КПД солнечных коллекторов. Средняя температура теплоносителя 75°C (радиаторная система отопления) может быть обеспечена только вакуумными коллекторами. При этом, КПД коллекторов в отопительный период составляет $0,14 \div 0,46$.
- Средняя температура теплоносителя 50°C (напольная система отопления) может быть обеспечена только вакуумными коллекторами и коллекторами с селективным покрытием типа «Сокол-А» с дополнительным остеклением. КПД коллекторов в отопительный период составляет $0,30 \div 0,54$ и $0,18 \div 0,49$ соответственно.

- Средняя температура теплоносителя 25°C (источник тепла для работы теплового насоса) может быть обеспечена как вакуумными, так и коллекторами с селективным покрытием, и даже коллекторами с неселективным чёрным покрытием с двойным остеклением. КПД коллекторов в отопительный период может составлять от 0,21 до 0,67.

- Так же из приведённых выше результатов (КПД и средняя температура наружного воздуха) видно, что на КПД солнечных коллекторов сильно влияет температура окружающей среды.

Одним из вариантов эффективного применения солнечных коллекторов является их установка не снаружи дома, а внутри солнечной теплицы – зимнего сада. Этот вариант реализуется в строящемся доме в городе Северобайкальске. В солнечной теплице дома будут располагаться 4 коллектора «Сокол-А» общей площадью 7,6 м². Коллекторы будут встроены в наклонную стену теплицы так, что солнечный свет через двойное остекление будет проходить на адсорбер с селективным покрытием, а сам коллектор будет находиться внутри теплицы.

Соотношение полученной солнечной энергии и её потребности по месяцам
Площадь коллекторов 7,6 м²
Угол наклона к горизонтальной поверхности - 60°



На графике приведены результаты расчёта для строящегося экспериментального дома в г. Северобайкальске. Средняя температура теплоносителя принята 50 °С.

У графиков получения тепловой энергии и расчётной потребности на отопление и горячее водоснабжение экстремумы прямо противоположны. То есть, там, где расчётная потребность имеет максимум (январь), кривые выработанного коллекторами тепла имеют свои минимумы (декабрь).

Повышение минимума у графиков получения тепловой энергии от солнца в основном зависит от повышения КПД коллекторов и понижения температуры теплоносителя.

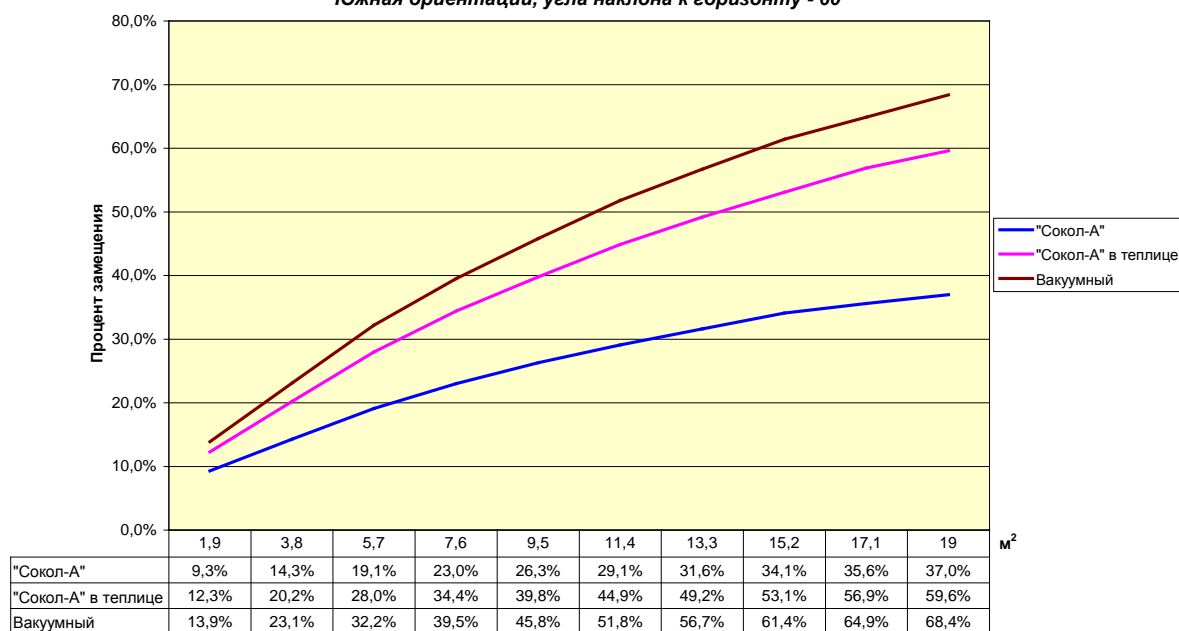
Понижение максимума потребления тепловой энергии зависит от сокращения тепловых потерь здания.

С мая по сентябрь выработанное тепло солнечными коллекторами значительно превышает его потребность, то есть, имеется явный переизбыток полученного тепла.

При определении процента замещения полученного тепла от солнечных коллекторов этот избыток не принимается во внимание.

Процент замещения расчётной годовой тепловой нагрузки полученным теплом от солнечных коллекторов составляет: для коллекторов «Сокол-А», установленных снаружи – 23,0%; для коллекторов «Сокол-А», установленных внутри теплицы – 34,4%; и для вакуумных коллекторов, установленных снаружи – 39,5%. Разница между этими вариантами составляет: 11,4% и 5,1%.

Процент замещения годовой тепловой нагрузки на отопление и горячее водоснабжение без сезонного аккумулирования в зависимости от площади солнечных коллекторов. Южная ориентации, угла наклона к горизонту - 60°



Зависимость процента замещения годовой тепловой нагрузки от площади установленных коллекторов носит нелинейный характер. То есть, например, при увеличении площади установленных коллекторов в 10 раз (с 1,9 до 19 м²), процент замещения увеличивается только в пределах от 27,7% до 54,5%.

Для использования солнечной энергии для отопления необходимо:

- Максимально минимизировать тепловые потери здания
- Использовать пассивное солнечное отопление
- Использовать высокоэффективные солнечные коллекторы (с селективным покрытием поглощающей панели или вакуумированные)
 - Максимально уменьшить разность температур между теплоносителем и окружающим солнечный коллектор воздухом – встроить солнечные коллектора (с селективным покрытием) в конструкцию здания.
- Использовать низкотемпературную систему отопления
- Использовать аккумуляторы тепла.

В качестве иллюстрации этих выводов может служить пример комплексного подхода реализуемого в строящемся экспериментальном доме в г. Северобайкальске.

Среднегодовая температура наружного воздуха – минус 3,1 °С.

Продолжительности отопительного периода 258 суток.

Средняя температура отопительного периода – минус 9,6 °С.

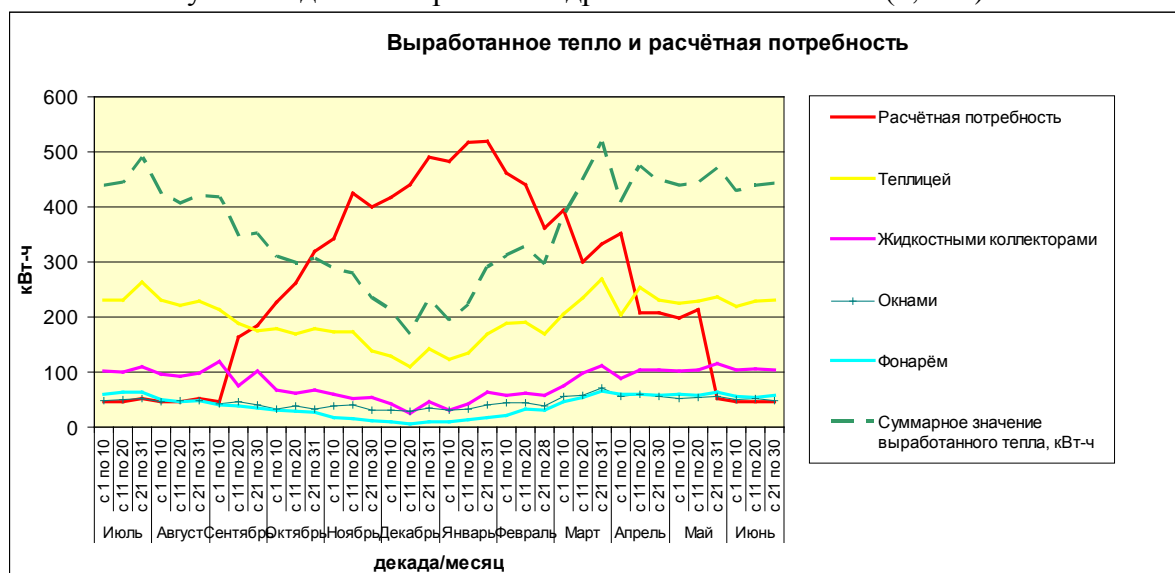
Площадь отапливаемых помещений составляет 91 м².

Максимальная тепловая нагрузка в самую холодную пятидневку (минус 33 °С) составляет: 2,4 кВт.

В доме используется рекуператор тепла вытяжного воздуха и напольная система отопления.

Потребление дополнительной энергии из вне составляет 2268 кВт-ч/год, или 24,8 кВт-ч/м² в год, что соответствует стандарту «Пассивный дом» (15÷25 кВт-ч/м² в год для условий Германии).

В качестве дублирующего источника тепловой энергии используется дровяной котёл-камин. Котёл-камин используется в течение 4 самых холодных месяцев в году (120 суток). Максимальное использование дров в самый холодный период составит не более 9 кг в сутки. Годовое потребление дров составляет 680 кг (1,4 м³).



На приведённом графике виден вклад каждого элемента системы солнечного теплоснабжения и суммарное значение выработанного тепла.

Избыточное тепло от пассивной системы отопления (теплица, окна и фонарь) будет рассеиваться в окружающее пространство системой вентиляции.

Избыточное тепло от жидкостных солнечных коллекторов будет использоваться в системе очистки «серых» стоков и аккумулироваться в грунте.

Процентный вклад используемого (полезного) тепла от каждого элемента системы солнечного теплоснабжения приведён в таблице.

Наименование элемента системы	Процентный вклад используемого тепла
Теплица	24,0
Окна	18,0
Фонарь	8,9
ИТОГО пассивная система	50,9
Жидкостные коллекторы	24,9
ИТОГО всей системой	75,8

Литература

1. Н.В. Харченко. Индивидуальные солнечные установки. М.Энергоиздат, 1991.
2. Коллектор солнечный СКС ТУ 21-26-322-88.
3. ПОСОБИЕ 2.91 к СНиП 2.04.05-91. Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения. Таблица 2.