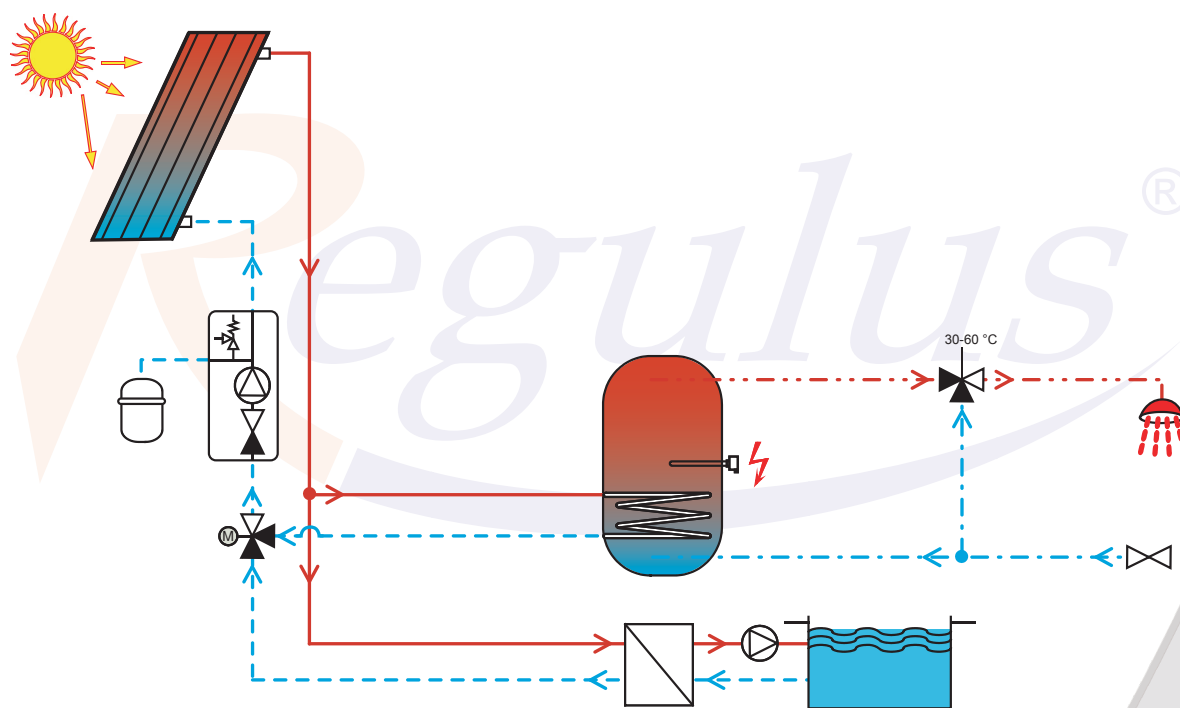


Солярные системы и расчет их параметров



1) Выбор коллектора	3
2) Расчет размера площади коллекторов и их ориентация	5
3) Выбор размера резервуара тепла	7
4) Выбор способа регуляции солярной системы	7
5) Расчет мощности циркуляционного насоса.....	8
6) Давление в солярных системах, расчет аварийного вентиля и расширительного бака....	8
7) Деаэрация	8
8) Распределительная система, трубопроводы и изоляция.....	9
9) Примеры схем соединения	10

Солнце посылает на землю огромное количество энергии, которой не пользуемся, а тепло производим из других источников. При этом цена традиционных источников энергии довольно высокая и будет из года в год увеличиваться. Именно поэтому внимание не только ученых, но и широкой общественности все чаще обращается к альтернативным источникам энергии, которой можно пользоваться почти даром.

Высокие затраты на приобретение оборудования, действующее с использованием альтернативных источников энергии, благодаря их все большему применению, постепенно снижаются, цена классических энергоносителей, наоборот, растет. Это одна из причин резкого повышения массового использования альтернативных источников тепла.

Солнце в качестве источника тепла можем использовать для нагревания воды, для отопления или нагрева ГВС или при помощи фотоэлектрических элементов производить электрическую энергию. Тогда как эффективность фотоэлектрических систем колеблется около 15%, а капиталовложения доходят до суммы 150 000 – 250 000 крон на 1 кВт установленной мощности, в системах для нагревания воды это всего лишь 10 000 – 30 000 крон на 1 кВт установленной мощности.

Единственной проблемой солнца - источника энергии - является непостоянность солнечного света и неравномерность поступления энергии в течение года. Энергия, поступающая на 1м² земской поверхности в месяц составляет летом в среднем 160 -170 кВт.час, но зимой это всего лишь 20 кВт. час.

Средняя продолжительность солнечного света в часах в крупных городах ЧР:

	Прага	Брно	Плзень	Градец Кралове
январь	43	41	31	31
февраль	62	67	56	61
март	128	127	118	120
апрель	149	159	139	149
май	208	224	195	217
июнь	210	218	200	206
июль	204	212	197	192
август	214	219	202	211
сентябрь	150	155	134	153
октябрь	103	117	86	107
ноябрь	55	44	46	45
декабрь	47	37	37	29
всего	1573	1620	1441	1521

То есть совершенно наоборот, чем это нужно человеку: в зимние месяцы, когда на отопление нужно больше всего тепла, поступление энергии самое низкое и ее утилизация хуже из-за меньшей эффективности солнечного коллектора при низких температурах наружной среды. В связи с тем, что пока еще не удалось придумать систему, которая позволила бы скапливать просто полученную энергию летом и использовать ее зимой на отопление (классическая аккумуляция тепла в воде для отопления среднего дома потребовала бы объем воды небольшого озера), широко используется аккумуляция полученной энергии на 1 - 1,5 дневной расход, а если солнце не светит, воду нагреваем при помощи другого источника.

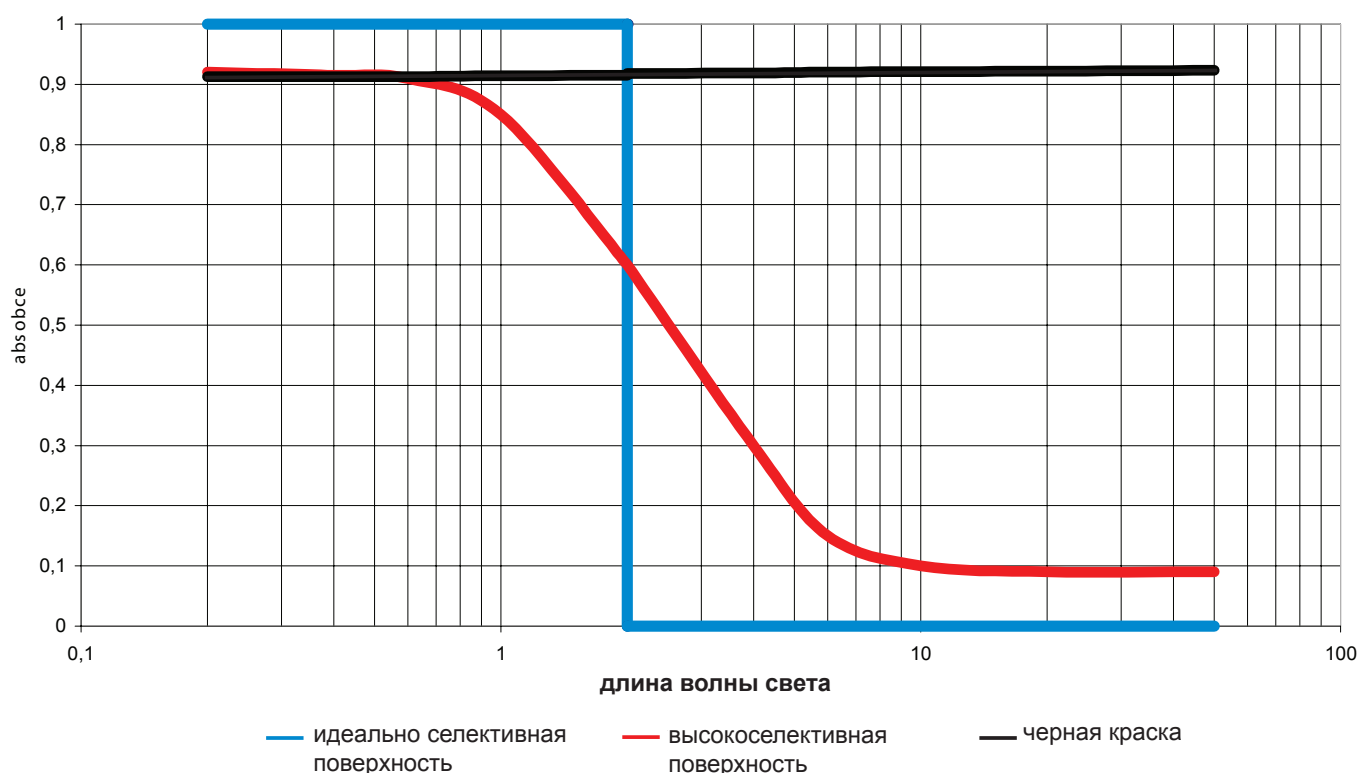
Поэтому тепло, даваемое солнцем, используется главным образом для горячего водоснабжения (ГВС), расход которого одинаков в течение всего года, или на нагревание воды бассейна для сезонного использования. Для дополнительного отопления коллекторы можно использовать главным образом в переходный период весна - осень, но и в таком случае капиталовложения в работающие таким образом коллекторы существенно выше, чем в коллекторы, предназначенные для нагрева ГВС. Поэтому выгодна, несомненно, комбинация системы дополнительное отопление зимой - нагревание бассейна летом, когда установленная большая площадь коллекторов действует круглый год.

Выбор подходящей солярной системы можно разделить на следующие этапы:

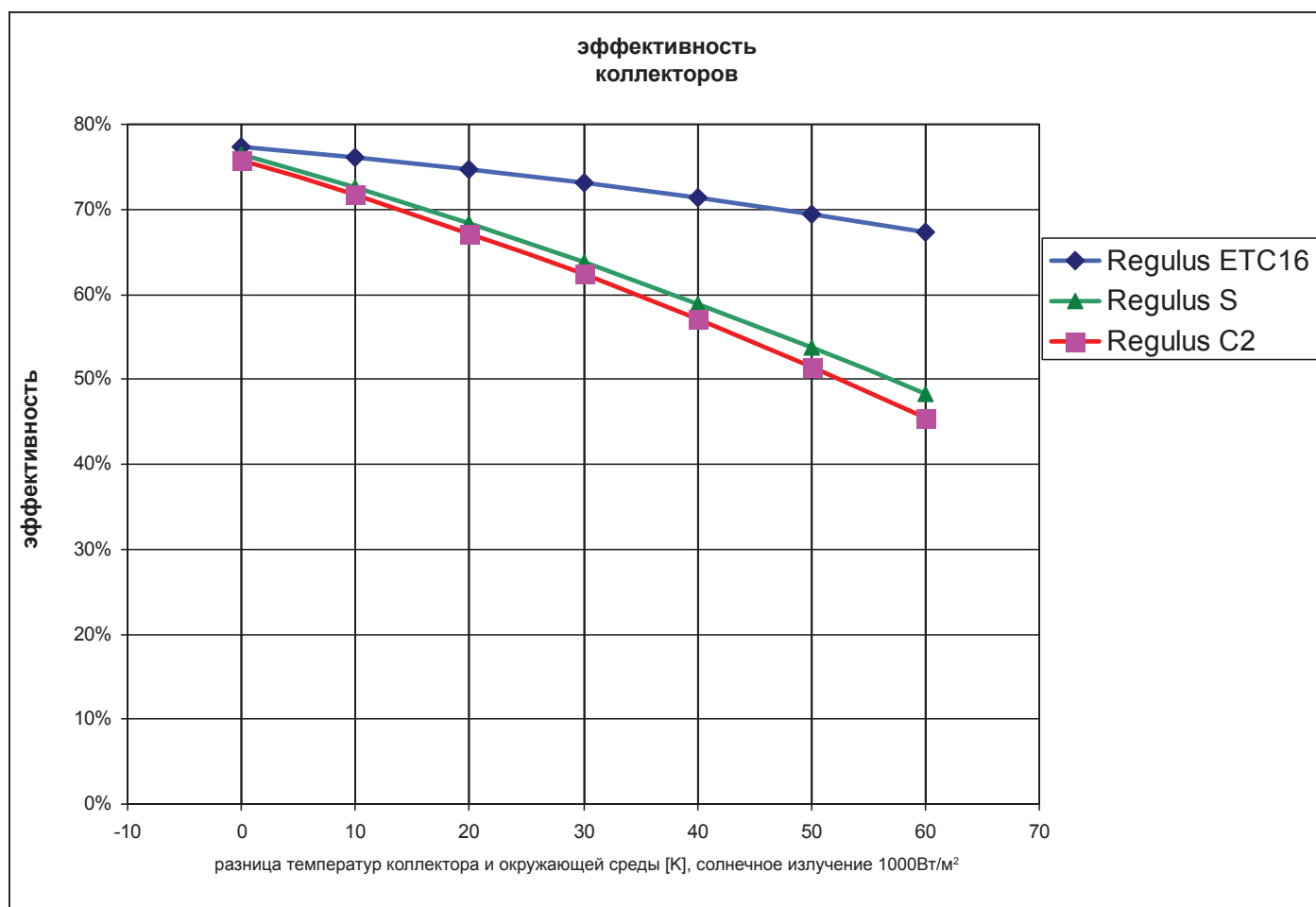
1) Выбор типа коллектора

Солнечный коллектор должен выполнять две важные функции: поглощать как можно больше солнечной радиации, попадающей на него (коэффициент поглощения высококачественных коллекторов доходит до 95%), полученное тепло эффективно передать теплоносной жидкости и, главное, из полученного тепла как можно меньше потерять в результате собственных тепловых потерь. Тогда как абсорбция большинства имеющихся на рынке коллекторов на хорошем уровне (даже у бочки, покрашенной в черный цвет, можно говорить о хорошем поглощении солнечного излучения), большая разница между ними именно в тепловых потерях коллектора. Тепло теряется как проникновением через изоляцию и корпус самого коллектора, так и путем конвекции (воздухом над абсорбером, затем теплопередачей сквозь стекло коллектора) и излучением от самой поверхности абсорбера в окружающую среду. Именно эта утечка несет большую часть «вины» за потери коллектора, поэтому все изготовители большое внимание уделяют решению этой проблемы.

ПОГЛОЩАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РАЗНЫХ ВИДОВ ПОВЕРХНОСТИ КОЛЛЕКТОРА



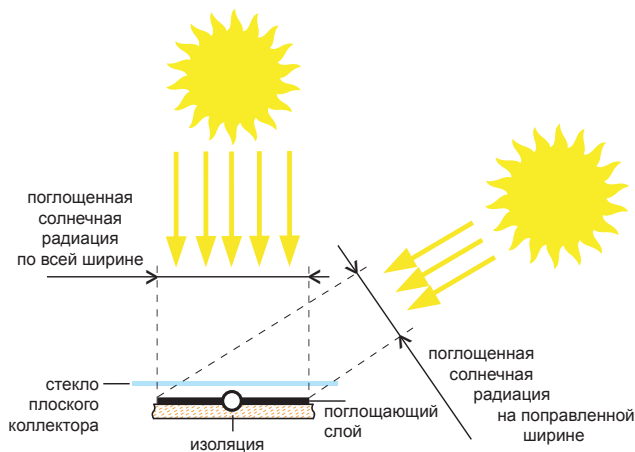
При эксплуатации коллекторов в жаркие летние дни с низкой температурой нагреваемой жидкости тепловые потери очень низкие, и разница между разными коллекторами тоже небольшая. Тепловые потери коллекторов начинают быть значительными при большей разнице температуры жидкости внутри коллектора и окружающей среды, то есть при нагревании жидкости на более высокую температуру, или в зимнее время, когда бывает низкой температура окружающей среды. Разумеется, при меньшей интенсивности солнечного излучения доля потерь на общем балансе коллекторов проявляется более значительно. Поэтому вопросу выбора подходящего коллектора надо уделять большое внимание, особенно, если предстоит использовать коллектор для дополнительного отопления или круглогодичного использования бассейна или для нагрева ГВС. Меньшее значение имеют параметры коллектора при сезонном нагревании воды бассейна. Коллектор с высокими потерями в зимних условиях может вообще не поставлять энергию, потому что его потери будут равняться энергии, полученной от солнца.



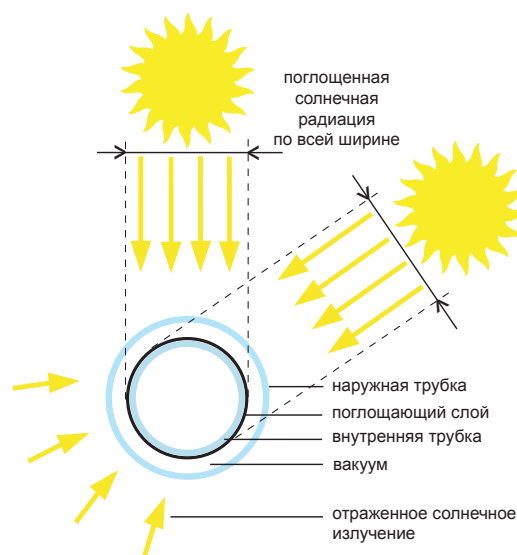
Характеристика коллектора – эффективность/температурная разница

Стекло плоских коллекторов играет тоже немаловажную роль. Во-первых, стекло должно быть хорошо проницаемым для солнечного излучения, во-вторых, изоляционные свойства стекла должны быть как можно более высокими (вся передняя сторона абсорбера не закрыта изоляцией, поэтому относительно высокие потери в результате конвекции можно ограничить только за счет меньшей теплопроводности стекла). Применять двойное остекление не рекомендуется, потому что при проникновении через два слоя стекла намного уменьшается поступающее солнечное излучение. Кроме того, стекло должно быть прочным, неразбивающимся (например, градом). Всем этим условиям соответствует так называемое солярное стекло, специально изготовленное для применения в солярных коллекторах. Еще лучшими свойствами отличается стекло солярное призматическое, внутренняя сторона которого покрыта пирамидами, рассеивающими свет и тем самым увеличивающие извлекающую способность коллектора, особенно если солнечные лучи падают под углом.

ПЛОСКИЙ КОЛЛЕКТОР



ТРУБЧАТЫЙ КОЛЛЕКТОР



Сравнение плоских и трубчатых коллекторов

Таким образом, выбор подходящего типа коллектора зависит в первую очередь от того, как будем использовать коллектор. Для сезонного летнего нагрева бассейна достаточно иметь более дешевые коллекторы с худшими свойствами. Для продления купального сезона на весну и осень нужно приобретать коллектор с действием в течение круглого года (с поверхностью из черного хрома или Sunselect), то же самое касается нагрева ГВС и дополнительного отопления. С целью повышения энергетического извлечения или для эксплуатации при экстремальных температурах самым лучшим решением является применение трубчатых коллекторов, прежде всего варианты с большим количеством труб, которые и без зеркал имеют высокое энергетическое извлечение даже из диффузионного излучения, когда солнце прячется за тучей (зеркала очень мало отражают диффузионное излучение).

2) Расчет размера площади коллекторов и их ориентация

При определении нужной величины площади коллекторов исходим всегда из расхода тепла и времени года, в котором хотим этот расход покрывать. Теплопотребление сравниваем с количеством солнечной энергии, поступающей в среднем на 1м² в этот период, сниженной на энергетический коэффициент солярной системы. В результате получим величину площади коллекторов, которую на всякий случай можем увеличить на коэффициент неблагоприятно повернутых коллекторов и внесем поправку, зависящую от кратного величины площади выбранных коллекторов.

Пример определения площади коллекторов для нагрева ГВС:

- определение расхода тепла:

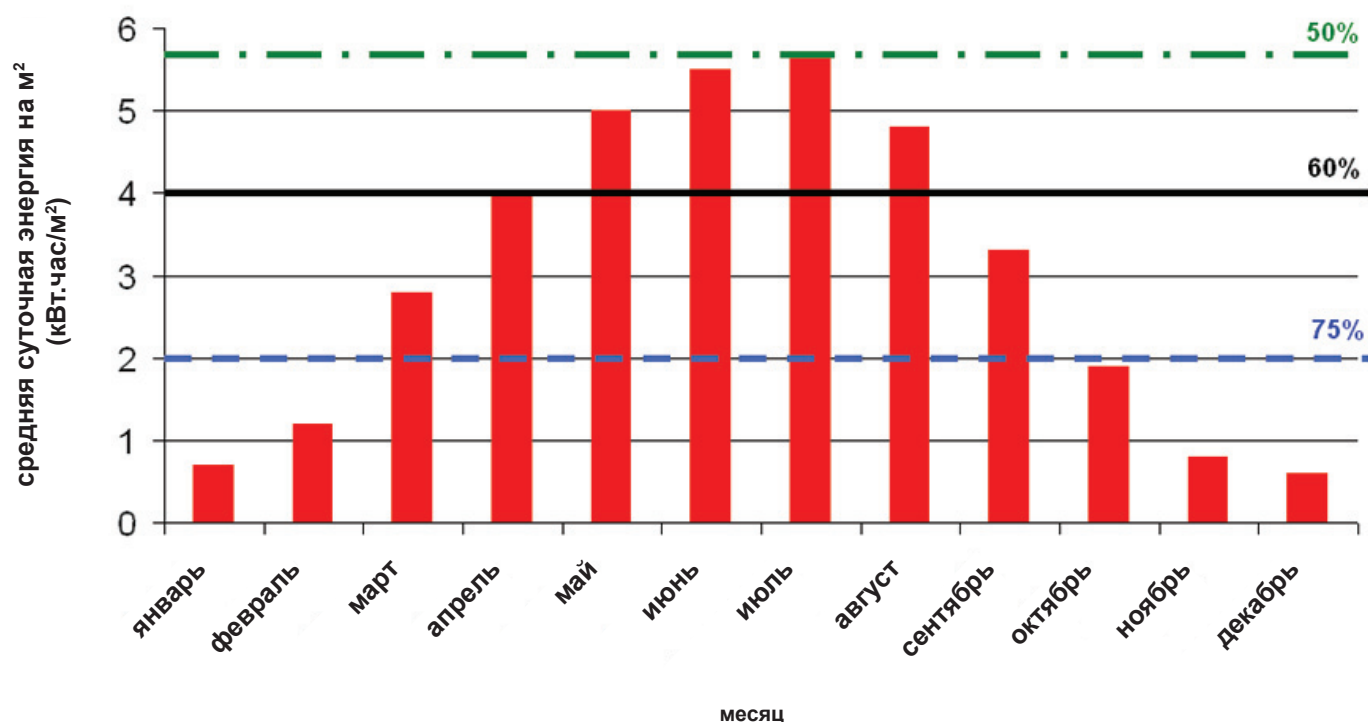
если известно, какова суточная потребность в горячей воде, требующееся тепло для нагрева этого объема определим по известной формуле $Q=mc(T_2-T_1)$. Как правило, в расчет принимается 50 л горячей воды на человека в сутки, что при предположительной температуре входной холодной воды 10 °С и нагретой до 45 °С воды составляет 2 кВт.час на человека.

- определение величины коллекторов:

обычно при использовании для круглогодичного нагрева ГВС исходим из требования 100% покрытия расхода тепла солнечными коллекторами в период апрель - август. Согласно графика средних энергетических извлечений в отдельные месяцы меньше всего тепла в этом периоде бывает в апреле – 4 кВт.час/м² в сутки. Если среднюю эффективность всей солярной системы в этом периоде примем за 50%, можем рассчитывать на энергию в среднем 2 кВт.час/м² в сутки, которая будет в нашем распоряжении для нагрева воды. Это ровно столько, сколько составляет предполагаемый суточный расход на одного человека в домашних условиях. Таким образом, величина площади солнечных коллекторов 1м² приходится на одного члена семьи. Сделав общий годовой баланс энергии, нужной для нагрева ГВС, обнаружим, что при таких предпосылках солярная система покрывает примерно 60% годового расхода тепла.

Если пожелаем этот процент увеличить и, например, площадь коллектора увеличим в два раза (в таком случае с одного кв. метра будем использовать только 2 кВт.час поступающей энергии), тогда солнечная система будет покрывать 75% годового теплоснабжения.

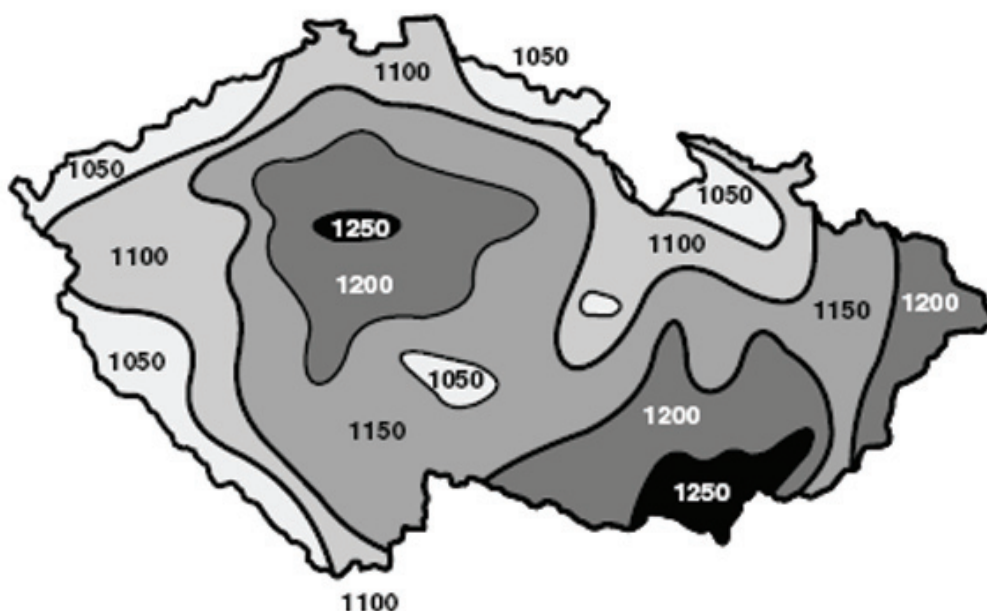
Наоборот, если недооценим размер площади коллектора и она окажется на 30% ниже расчетной, покрытие годового теплоснабжения понизится на 50%. По этим данным ясно, что небольшое повышение или снижение теплообменной площади по сравнению с вычисленным значением существенного влияния на энергетический баланс солнечной системы не окажет. Причина, главным образом, в том что летом, когда солнечного излучения больше всего, с увеличением площади коллекторов полученное тепло уже не увеличивается, потому что мы не в состоянии им воспользоваться.



Поправка площади коллекторов:

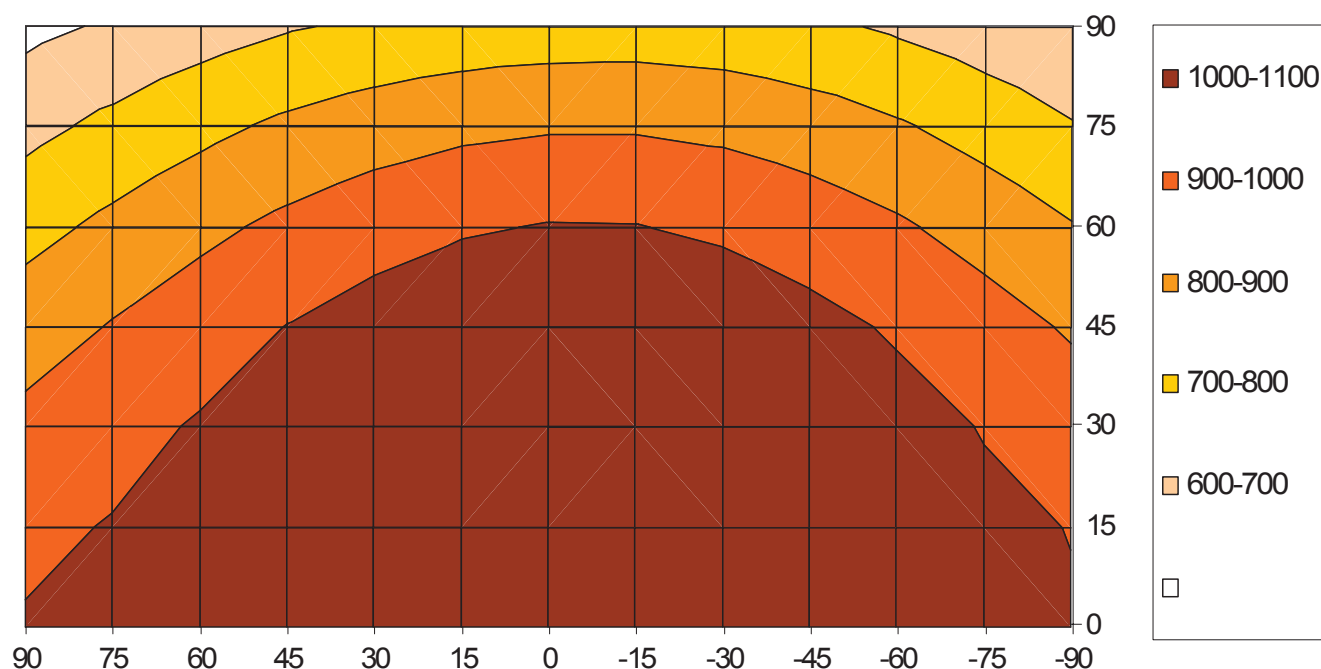
- в зависимости от количества поступающей энергии в разных частях ЧР:

При расчете количество поступающей энергии было принято, как 1100 кВт.час/м². Эта величина в разных областях ЧР может отличаться примерно на $\pm 10\%$, что можно учесть при помощи поправочного коэффициента.



- в зависимости от ориентации коллекторов по отношению к югу и наклона коллектора

Следующим фактором, влияющим на общий энергетический баланс, является ориентация коллектора по отношению к югу и его наклон (угол по отношению к горизонтальной поверхности).



Годовые дозы солнечного излучения в ЧР на по-разному повернутые (горизонтальная ось) и по-разному наклоненные (вертикальная ось) поверхности [кВт.час/м²]

3) Выбор размера резервуара тепла

Резервуары тепла делим на два основных типа в зависимости от функции скапливаемой энергии на резервуары ГВС и накопительные резервуары отопительной воды.

Размер резервуара ГВС или накопительного резервуара чаще всего выбираем с таким расчетом, чтобы мог вобрать одно-полторасуточный запас тепла. Расчет размера резервуаров ГВС выполняется с учетом количества человек. Как показатель расхода воды чаще всего приводится 50 литров/человека/сутки. Имея в виду нестабильность поступающей от солнца энергии, размер резервуара лучше слегка повысить.

4) Выбор способа регуляции солярной системы

Способ регуляции имеет принципиальное влияние на правильное действие солярной системы и в первую очередь служит для ее надежной эксплуатации без вмешательства человека. Для регулирования несложных солярных систем, нагревающих ГВС или воду в бассейне, используются несложные дифференциальные регуляторы, которые включают циркуляционный насос солярного контура на основании разницы температуры в коллекторах и температуры в резервуаре (или теплообменнике бассейна). Примером таких регуляторов являются SR 1.1 - аналоговый дифференциальный регулятор с регулируемой дифференцией включения и функцией ночного остывания (добавляемой от отдельному заказу). Следующий регулятор - DeltaSol BS/3 - цифровой дифференциальный регулятор с регулируемой дифференцией включения и выключения и предохранительными функциями.

Для более сложных солярных систем применяются дифференциальные регуляторы DeltaSol BS Pro и DeltaSol ES. Это цифровые регуляторы, способные управлять системами в несколько контуров (например, схема соединения восток-запад с двумя полями коллекторов) или системами с несколькими теплопотребляющими приборами (например, комбинация нагревания ГВС и бассейна).

Для солярных систем, используемых для дополнительного отопления, следует применять интеллектуальные регуляторы, управляющие отопительными системами, таким регулятором является, например, IR09. Это интеллектуальный регулятор для управления отопительной системой, который дифференциально регулирует действие первичного контура солярной системы. Исходя из временных программ, регулирует отопление в зависимости от заданных температур и отопительных кривых, подключает следующий источник (газовый котел, электрокотел и т.п.) в период, когда солнечного света бывает недостаточно.

5) Расчет мощности циркуляционного насоса

Циркуляционный насос обеспечивает доставку теплоносного вещества между коллектором и теплообменником (резервуаром тепла). Расчет ничем не отличается от обычного расчета производительности циркуляционного насоса для замкнутой отопительной системы с вынужденной циркуляцией. Для стандартных схем, как правило, бывает достаточно мощности насоса, встроенного в т.н. насосный узел, в котором, сверх того, содержатся дополнительные предохранительные элементы (аварийный вентиль) и элементы, обеспечивающие исправное действие соляной системы (обратный клапан, регуляция протекаемого объема и т.п.). В таких насосных узлах чаще всего бывают насосы, прямо предназначенные для обслуживания соляной системы с точки зрения работы с теплоносной жидкостью на основе пропилен-гликоля.

Такие насосы (например, Wilo ST20/6 в насосном узле FlowCon S) дают достаточный протекаемый объем и напор для большинства соляных систем с одним или двумя теплопотребляющими приборами, используемыми в особняках. Если имеете дело с большей и сложнее системой получения тепла от солнца, параметры циркуляционного насоса надо рассчитать так, чтобы обеспечивал требуемый объем протекания теплоносной жидкости через коллектор. Для коллекторов с компоновкой абсорбера в т.н. лирообразной форме (коллекторы KPC, KTU и ETC) протекаемый объем должен составлять 1-2 л/мин., при этом в случае большого количества коллекторов протекаемые объемы в отдельных коллекторах складываются. Например, при трех 3 коллекторах протекаемый объем в системе будет $3 \times 2 \text{ л/мин.} = 6 \text{ л/мин.}$ Для коллекторов с компоновкой в форме т.н. меандра (коллекторы KPS) протекаемый объем через коллектор должен оставаться в пределах 1,5-1,8 л/мин. Если система небольшая (в количестве до 5 коллекторов), эти коллекторы можно соединить последовательно, и объем не складывать.

6) Давление в соляных системах, расчет аварийного вентиля и расширительного бака

Аварийные вентили всегда являются частью насосных узлов. Если не применен насосный узел, соляная система должна быть оборудована аварийным вентилям с открывающим сверхдавлением 600 кПа (6 бар) и стойким к высоким температурам (чаще всего до 160 °C).

Сверхдавление в соляной системе определяется по формуле $p = 1,3 + (0,1 \times h)$, где p - давление в соляной системе в барах, h - высота (расстояние по вертикали) от манометра до наивысшей точки системы в метрах. Полученное в результате значение и есть показатель сверхдавления, настраиваемый на манометре в насосном узле.

Расширительный бак служит для выравнивания изменений расширения теплоносной жидкости в соляной системе без излишних ее потерь и сохранения сверхдавления в соляной системе в предусмотренных пределах. Поэтому расширительный бак соляных систем должен быть рассчитан на температурную разницу, данную минимальной температурой в зимнее время (до минус 20 °C) и максимальной температурой в летнее время, и на прием всего объема жидкости из коллекторов в случае испарения теплоносной жидкости из коллекторов. В соляных системах с вынужденной циркуляцией всегда используются напорные расширительные баки с мембраной из материала, стойкого к пропилен-гликолю. Заранее настроенное давление расширительного бака по сравнению с вычисленным сверхдавлением системы снижается на 0,5 бар $p_{exp} = p - 0,5 \text{ (бар)}$.

7) Деаэрация

Место для деаэрации должно находиться в наивысшей точке системы. Хорошо, если в этом месте трубопровод будет расширяться, что необходимо для стабилизации течения и облегчения отделения пузырьков из жидкости. Для полного избавления контура от пузырьков рекомендуется оборудовать насосный узел т.н. сепаратором воздуха. Исключение можно сделать для небольших соляных систем с последовательно соединенными коллекторами с компоновкой в виде меандра (KPS) и для коллекторов ETC, если только разница скорости течения между трубопроводом и коллектором превышает 0,4 м/сек. В таком случае нет необходимости устанавливать в наивысшей точке продувочный клапан, достаточно только оборудовать насосный узел сепаратором воздуха, который будет отделять газы, растворенные в теплоносной жидкости.

В случае применения автоматических продувочных клапанов эти клапаны после деаэрации всей системы надо закрыть.

В условиях эксплуатации без отбора тепла происходит преобразование объема жидкости в коллекторах в пар, который при открытом продувочном клапане будет улетучиваться, принося напрасные потери теплоносной жидкости.

8) Распределительная система, трубопроводы и изоляция

Трубопроводы солярной системы должны быть закрыты теплоизоляцией, например, типа AEROFLEX, так как тепловые потери от трубопроводов в окружающую среду могут стать причиной существенного снижения эффективности солярной системы. Термоизоляция должна быть стойкой к высоким температурам до 160 °С, наружная изоляция, сверх того, должна быть защищена от УФ излучения и действия влаги. Трубопроводы первичного контура надо рассчитывать на температуру 160 °С и давление 6 бар. Ни в коем случае не допускается на подводящий и обратный трубопроводы применять пластмассовые трубы, не отвечающие эксплуатационным условиям солярных систем (термическое и механическое напряжение). Рекомендуется, чтобы вся трубопроводная система была из жестких медных трубопроводов, спаенных твердым припоем. Заштампованные фитинги допускается применять только в таких случаях, если являются стойкими к теплоносному веществу, могут выдержать давление (6 бар) и температуру (застойная температура коллектора).

Присоединительные трубопроводы от коллекторов надо вести по как можно более коротким трассам, поэтому петля Тихельманна для равномерного втекания в коллекторные поля предусматривается принципиально на обратном трубопроводе к коллекторам. Трубопроводы к коллекторам можно протягивать сквозь существующие дымоходные трубы, вентиляционные колодцы или в пазах в стене, изготовленных лучше всего внутри объекта. Открытые колодцы надо соответствующим способом уплотнить для предупреждения тепловых потерь в результате конвекции. Во время разработки проекта следует помнить и о тепловом расширении и установить на трубах компенсаторы, угольники или дилатационные скобы, чтобы оберечь их от повреждений и образования неплотностей. Трубопроводы должны быть присоединены к системе заземления дома.

Трубопроводы солярной системы нужно закрыть термоизоляцией для предупреждения тепловых потерь и тем самым уменьшения общей эффективности солярной системы. Тепловую изоляцию нужно выбирать такую, чтобы была стойкой к температурам, достигающим до 160 °С, наружная изоляция должна быть влагостойкой и защищенной от УФ излучения. Толщина термоизоляции должна отвечать диаметру примененного трубопровода.

Размер труб выходного и обратного трубопроводов вычисляется по эмпирическому уравнению:

$$d \geq \sqrt{0,35 \cdot V}$$

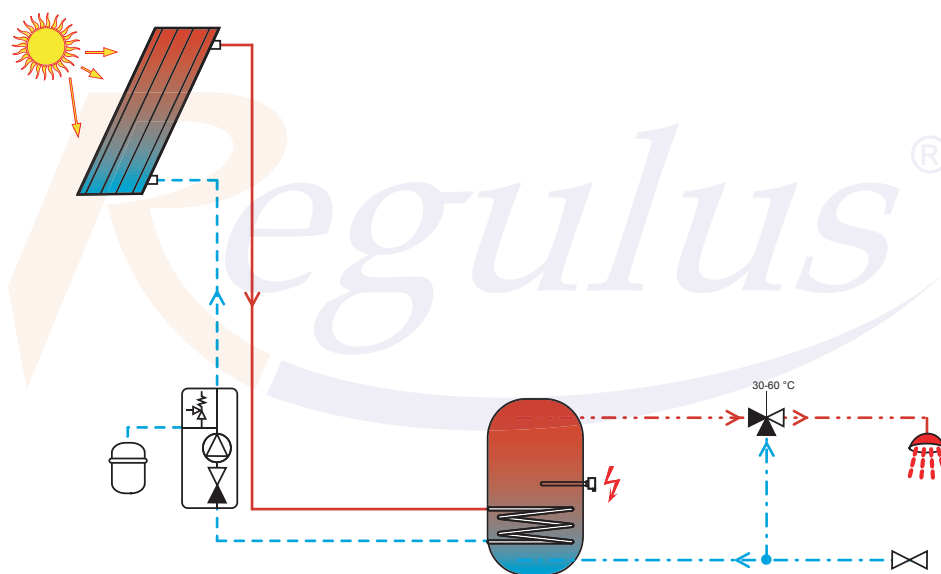
d диаметр труб (мм)

V протекаемый объем через солярные коллекторы (л/час.)

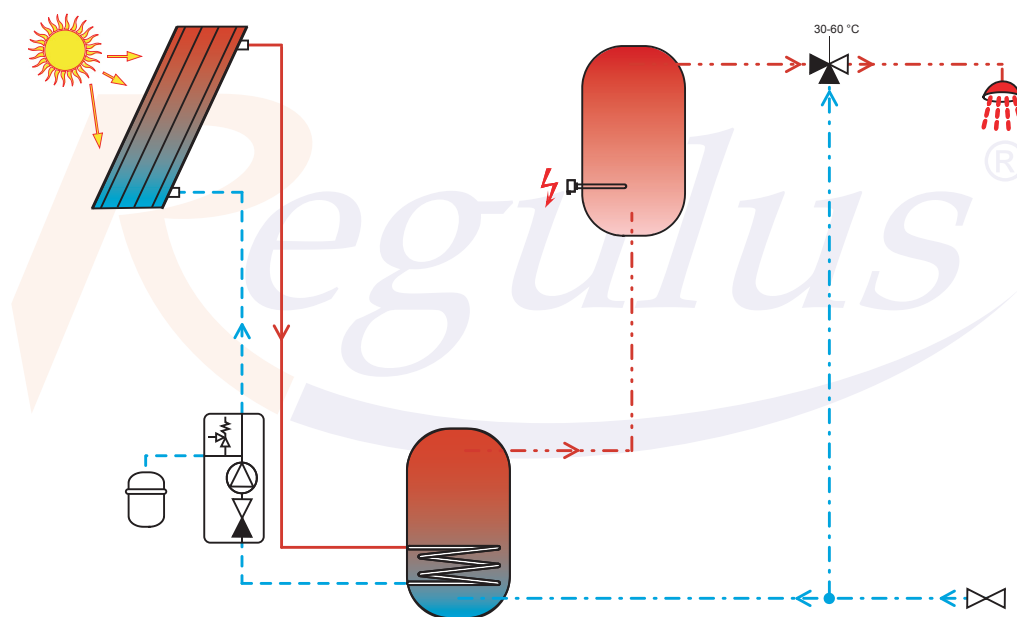
Решение уравнения выходит из предпосылки, что скорость протекания в собирательном трубопроводе не превысит 1 м/сек. Вычисленным значениям минимального требуемого диаметра труб должны соответствовать и ближайшие высшие номинальные значения .

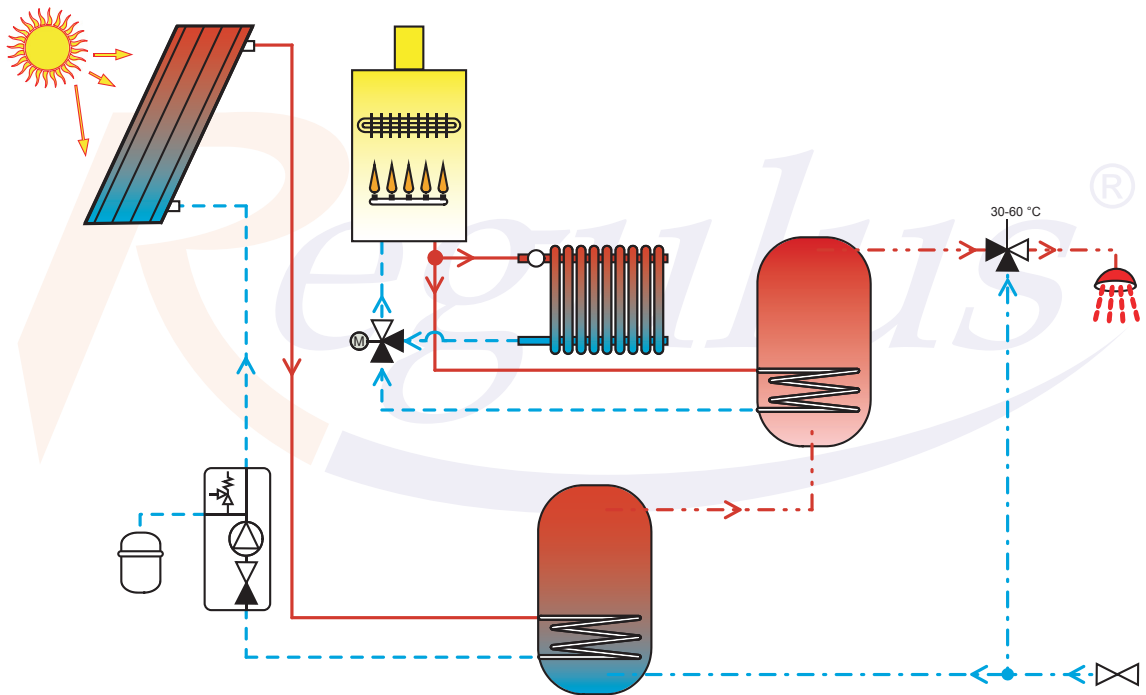
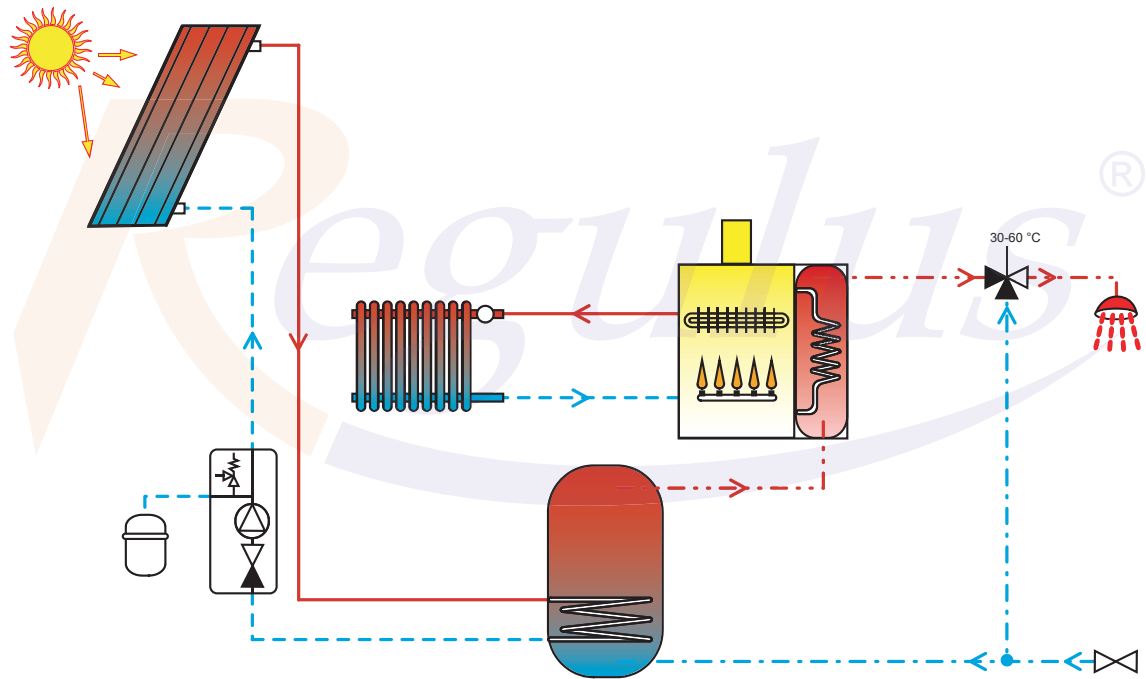
9) Примеры схем соединения

Нагрев ГВС

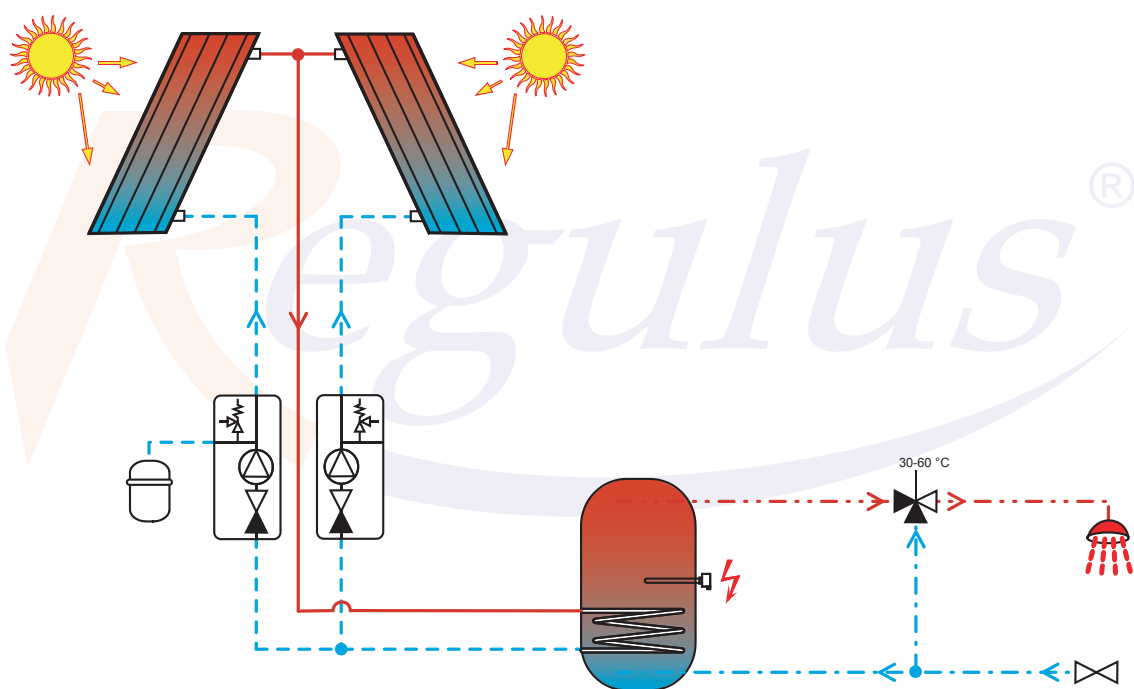


Предварительный нагрев ГВС

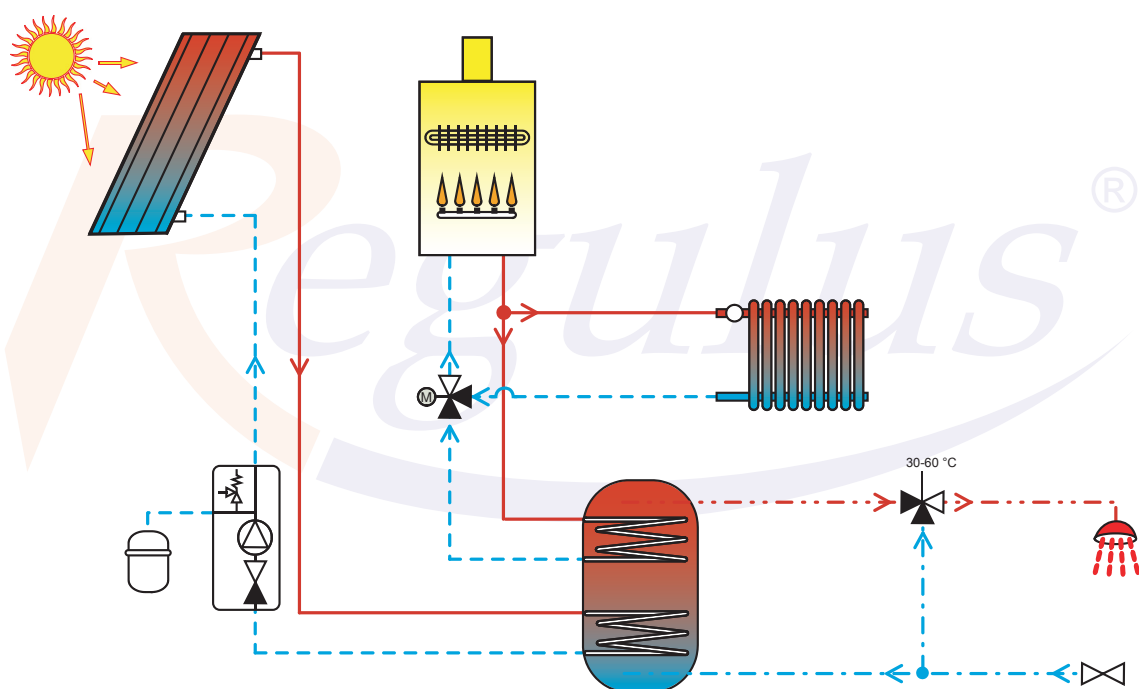




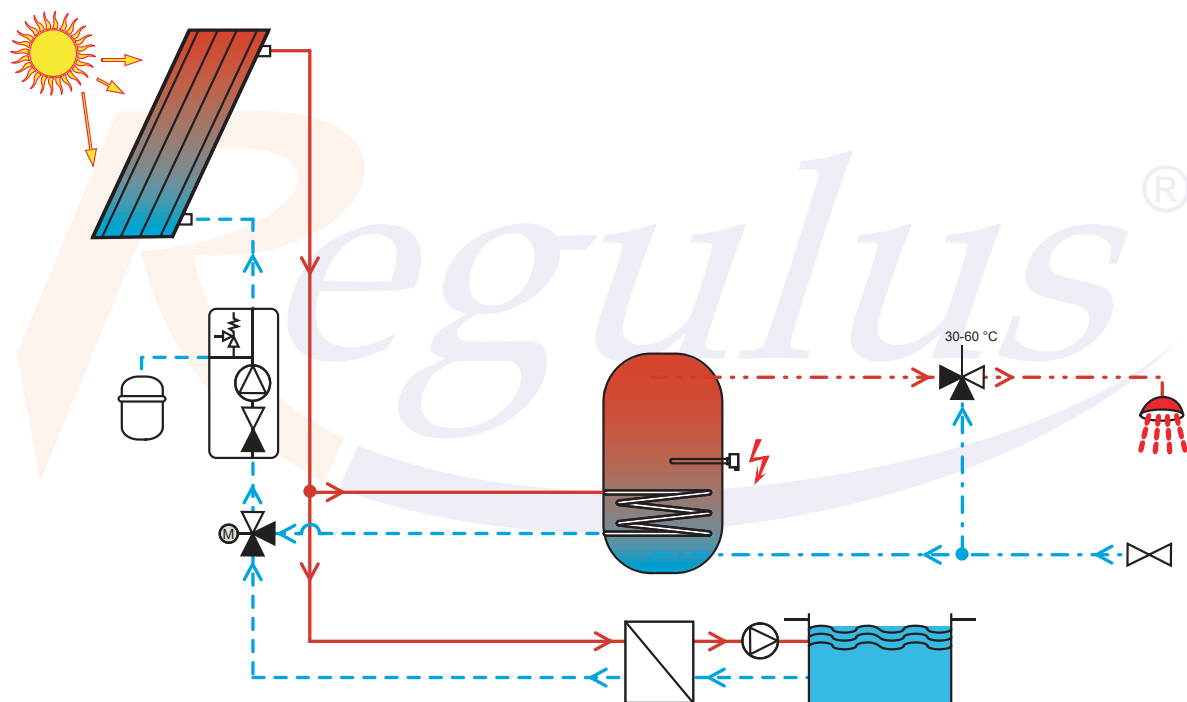
Нагрев ГВС – система Восток-Запад



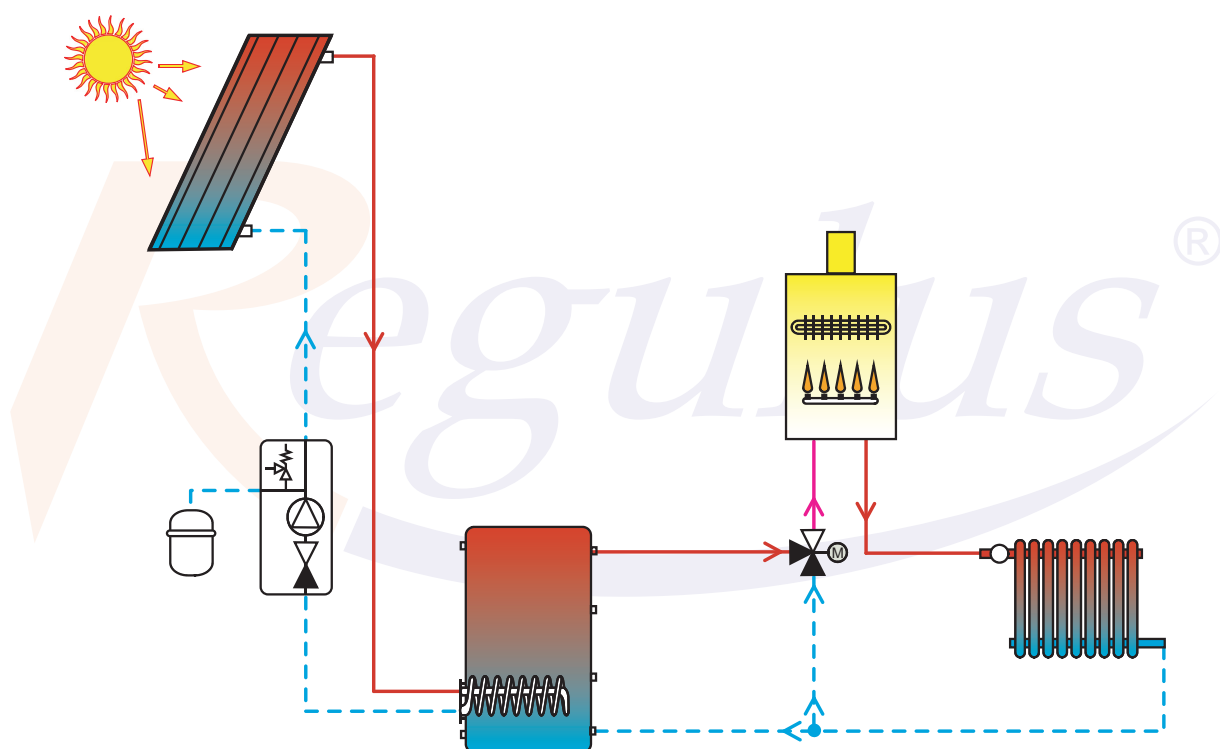
Нагрев ГВС в резервуаре с двумя нагревательными змеевиками

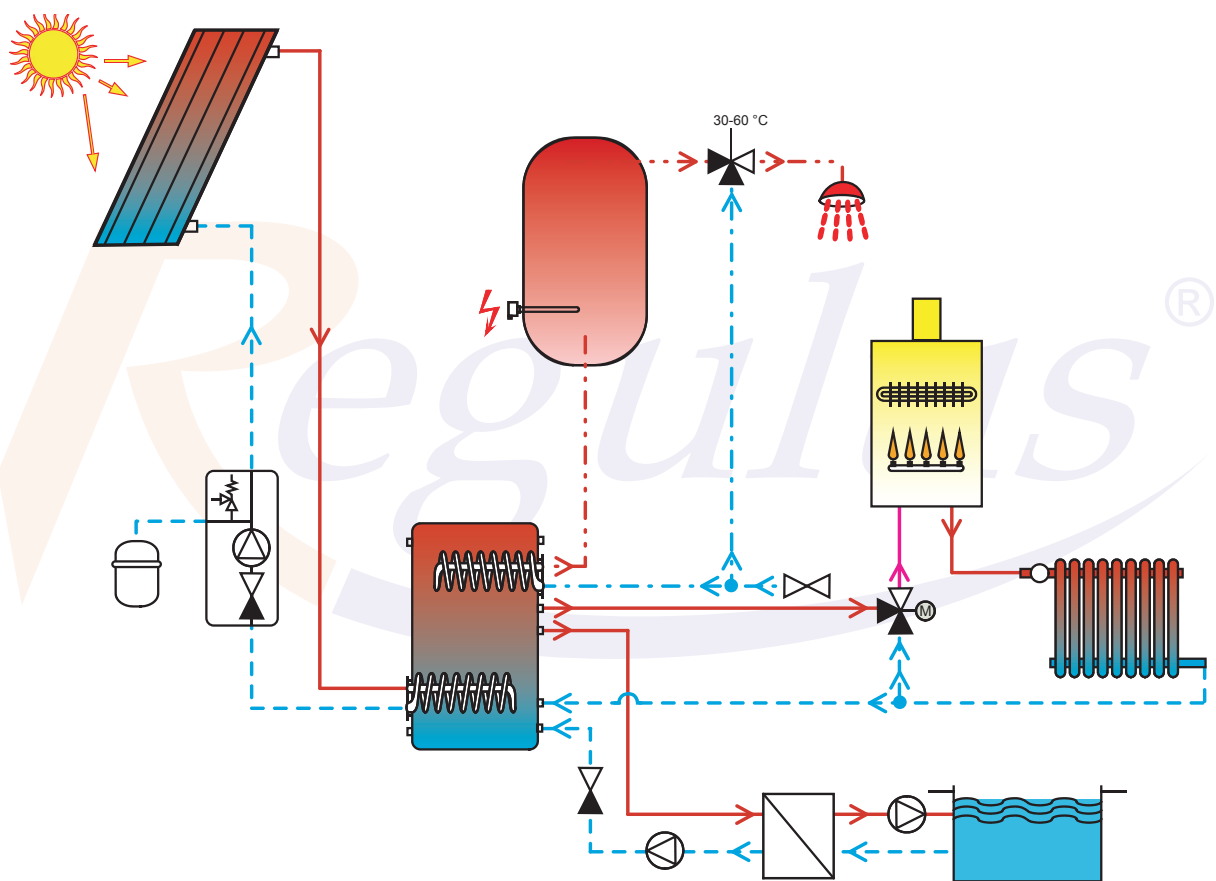


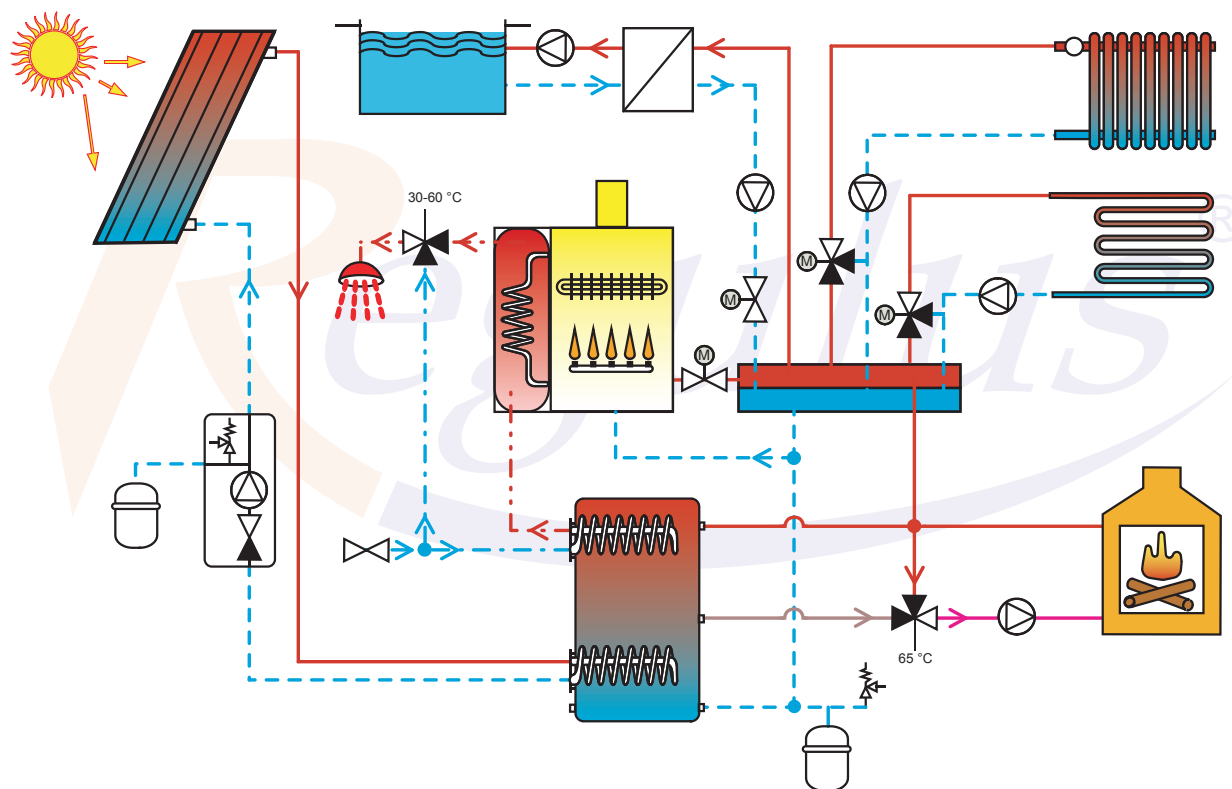
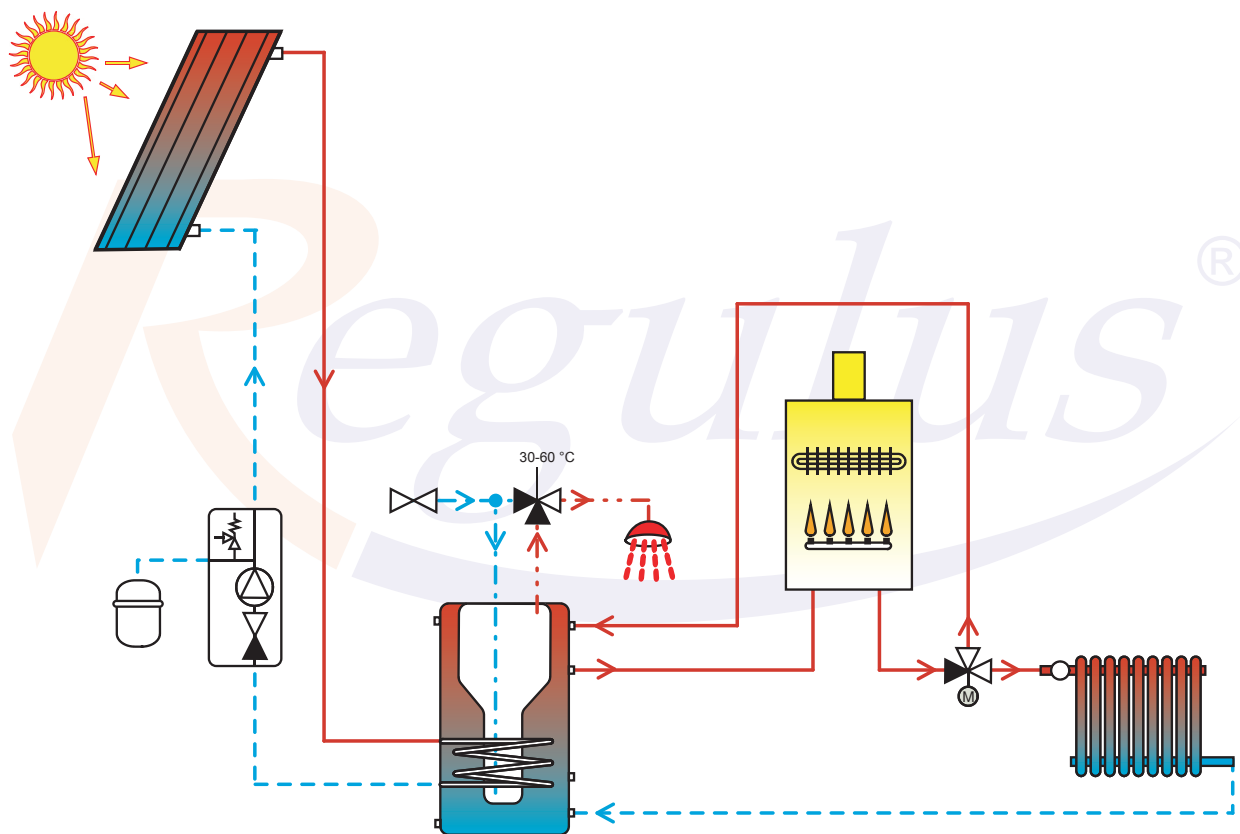
Комбинация нагрева ГВС и бассейна

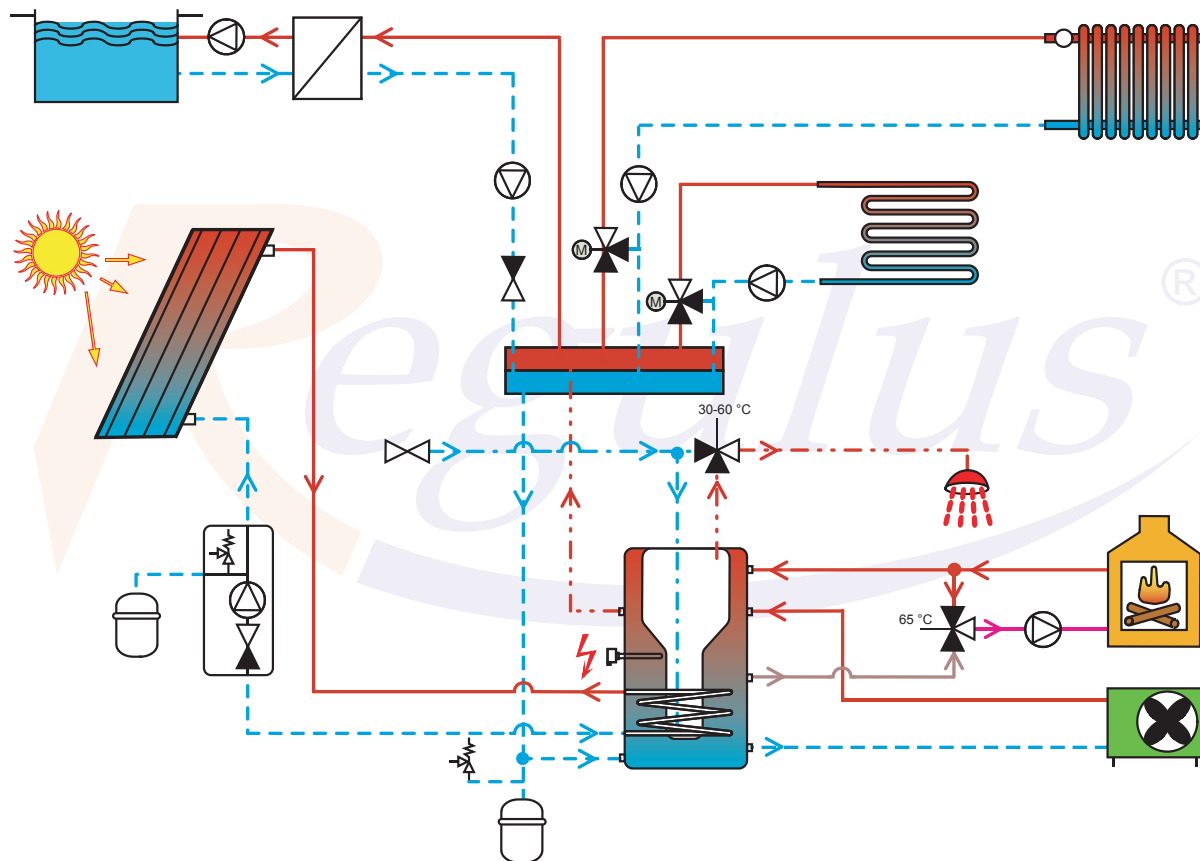


Системы с дополнительным отоплением











ООО «Regulus»
ул. Do Koutů 1897/3 143 00 Прага 4
Tel.: 241 764 506 Fax: 241 763 976
e-mail: obchod@regulus.cz
www.regulus.cz/ru

Соллярные системы, солнечные коллекторы,
фотоэлектрические панели, тепловые насосы,
рекуперация тепла, газовые водонагреватели,
резервуары горячей воды, накопительные резервуары,
алюминиевые радиаторы, интеллектуальные
регуляторы, дымоотвод турбокотлов, резьбовое
уплотнение, гибкие нержавеющие трубы, детали для
изготовления и сервис котлов (термостаты, вентили,
теплообменники, горелки, вентиляторы и т.п.)