

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*В. И. Дешко, профессор; В.И. Шкляр, доцент;
В.В. Дубровская, доцент; Е.В. Коринь, студент
Национальный технический университет Украины "КПУ"*

Установлено влияние различных факторов на величину поступающей солнечной радиации и на эффективность работы системы солнечного теплоснабжения. Представлены результаты компьютерного моделирования системы солнечного горячего водоснабжения. Даны практические рекомендации по выбору параметров системы солнечного теплоснабжения для эффективной ее работы.

Основным направлением использования солнечной энергии является производство низкопотенциальной теплоты для горячего водоснабжения и в меньшей степени для отопления. Наибольшее распространение в системах солнечного теплоснабжения (ССТ) в качестве элементов, воспринимающих солнечную энергию, получили плоские солнечные коллекторы (СК), которые могут улавливать прямую и рассеянную солнечную энергию. Несмотря на относительно высокую стоимость солнечного теплоснабжения, использование СК во многих странах растет высокими темпами.

Для моделирования ССТ используются различные компьютерные программы. Однако многие из них рассматривают солнечную радиацию как единый поток энергии без разделения на прямую и рассеянную, не учитываются сезонные, климатические и метеорологические факторы на поступление суммарной солнечной радиации (ССР).

Целью данной работы было определение факторов, влияющих на величину поступающей солнечной радиации и эффективность работы ССТ.

Расчет ССР, поступающей на поверхность СК, установленного под произвольным углом, проводили по методу Луи-Джордана [1]. В ходе исследования устанавливалось влияние угла наклона СК на количество поступающей ССР в зависимости от месяца года для климатических условий и географического положения г.Киева. При этом использовались метеорологические данные для географической широты г.Киева ($50,4^\circ$) за 2001г.

Определен оптимальный угол установки СК для каждого месяца, т.е. угол, при котором возможно получить максимальное количество поступающей среднемесячной дневной ССР.

На рис.1 показаны значения оптимального угла наклона СК для различных месяцев и сезонов.

На рис.2 представлена зависимость количества ССР, получаемой СК в различные месяцы года для углов 0° , 45° и оптимального угла (значения угла см. рис.1), при котором возможно получить максимальное количество ССР в течение данного месяца.

Установка СК под оптимальным углом позволяет увеличить количество поступающей солнечной энергии на величину до 21%.

На основании данных рисунков можно сделать такие общие выводы: для летних месяцев целесообразно практически горизонтальное расположение СК (в потоке ССР преобладает прямая составляющая); в зимнее время отдается предпочтение вертикальному расположению СК (в потоке ССР преобладает рассеянная составляющая); в весенне-осенний

период угол наклона СК близок по значению географической широте местности и в данном случае составляет 40-50°.

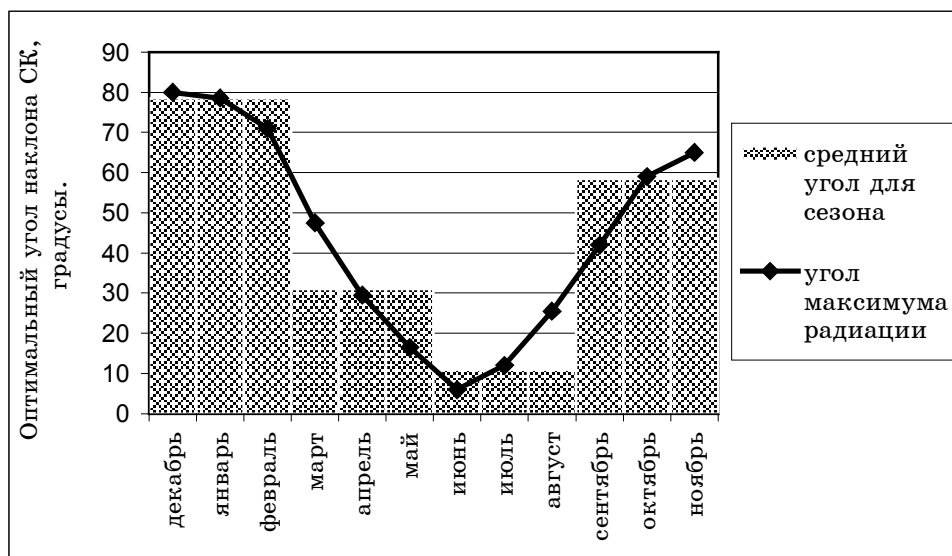


Рисунок 1 – Значения оптимального угла наклона СК для месяцев года

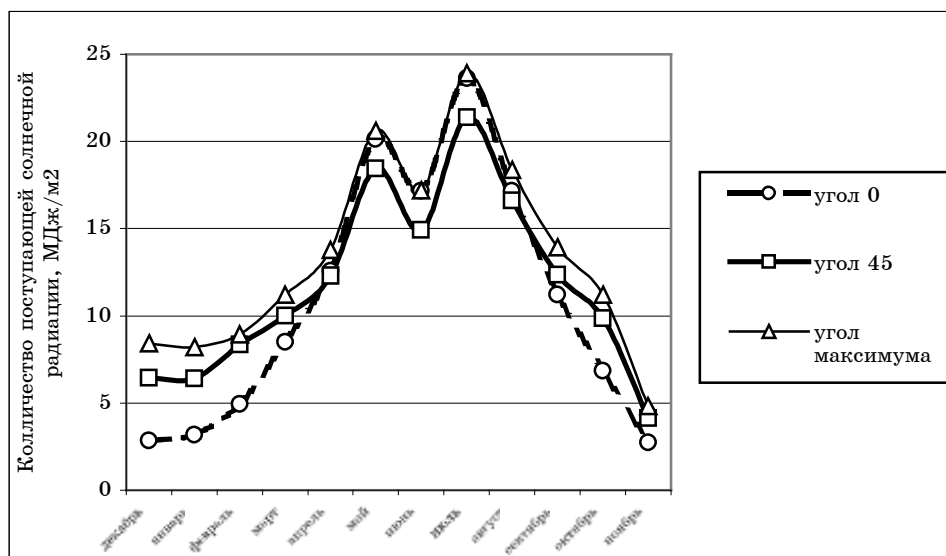


Рисунок 2 – Зависимость количества ССР по месяцам от угла наклона СК

Моделирование процесса в одноконтурной ССТ с помощью компьютерной программы SUNMEDIA [2] позволило определить влияние различных факторов на эффективность ее работы.

Установка предназначена для горячего водоснабжения и состоит из плоского СК, бака-аккумулятора (БА), водяного насоса (ВН) и трубопроводов.

Принятые следующие исходные данные при моделировании: месяц года – июль; продолжительность светового дня – 15 часов (5-00 – 20-00); температура наружного воздуха – 20 °С; скорость ветра – 1 м/с; температура воды, поступающей в систему – 15 °С; производительность ВН – 50 л/ч; объем БА – 65 л; площадь СК – 1м²; коэффициент тепловых

потерь БА – 4 Вт/(м²·°C), начальная температура воды в БА – 43 °C; суточное потребление горячей воды с температурой 40-45 °C – 150 л.

Под эффективностью работы установки подразумевалось отношение количества энергии, полученной водой, которая циркулирует через СК, к количеству суммарной солнечной энергии, поступающей на поверхность СК [3]. При отключенном ВН эффективность работы установки равна нулю.

Программа позволяла получать мгновенные значения температуры воды в БА и эффективности работы СК через каждые 10 минут. На основании этих значений строились графики изменения температуры воды в БА и эффективности работы СК в течение суток.

Площадь СК и объем БА существенно влияют на эффективность работы ССТ. На рис.3 представлены зависимости температуры воды в БА при различных значениях объема БА и площади СК .

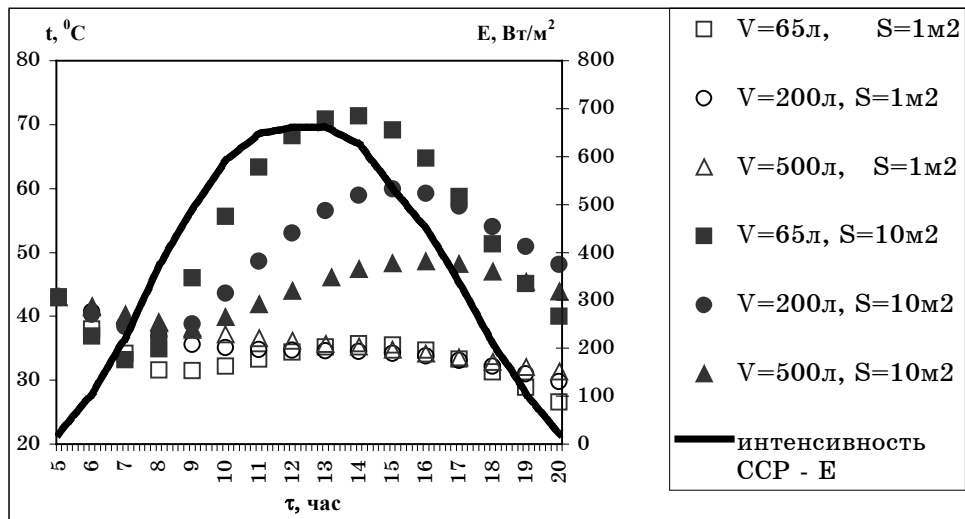


Рисунок 3 – Зависимость температуры воды в БА от площади СК и объема БА

Из рис.3 видно, что СК площадью 1 м² не обеспечивает нагрева воды до заданной температуры, поскольку даже в условиях самого жаркого месяца года – июля температура воды в течение дня не поднимается выше начальной, а ее снижение за световой день составляет около 40%. Увеличение площади СК до 10 м² обеспечивает более высокие значения температуры воды у потребителя в течение дня и, что особенно важно – высокое ее значение в конце светового дня. Этот факт создает предпосылки для непрерывного использования установки в летний период без дублирующих источников теплоты.

БА оказывает особое влияние на работу системы. Общий характер этого влияния – «сглаживание» графика изменения температуры воды в БА в течение дня. Чем больше объем БА, тем более равномерный график температуры. Это объясняется тем, что БА большого объема обладает большим запасом энергии. Поэтому в утреннее время, когда интенсивность ССР незначительная, БА компенсирует падение температуры. С другой стороны, в таком БА тепловая энергия, преобразованная из солнечной, поглощается большим объемом воды. В связи с этим в часы повышенной интенсивности ССР температура воды в БА имеет меньшее значение, чем при использовании БА малых объемов. Таким образом, увеличение объема БА компенсирует резкие перепады температуры и поддерживает температурный режим в заданном диапазоне в течение длительного времени.

Следующим исследуемым параметром являлся график потребления горячей воды. В работе рассматривались 2 типичных графика потребления – равномерный в течение светового дня; неравномерный с утренним и вечерним пиками и провалом в дневное время. При этом в обоих случаях общее потребление воды за сутки было одинаковым и составляло 150 л.

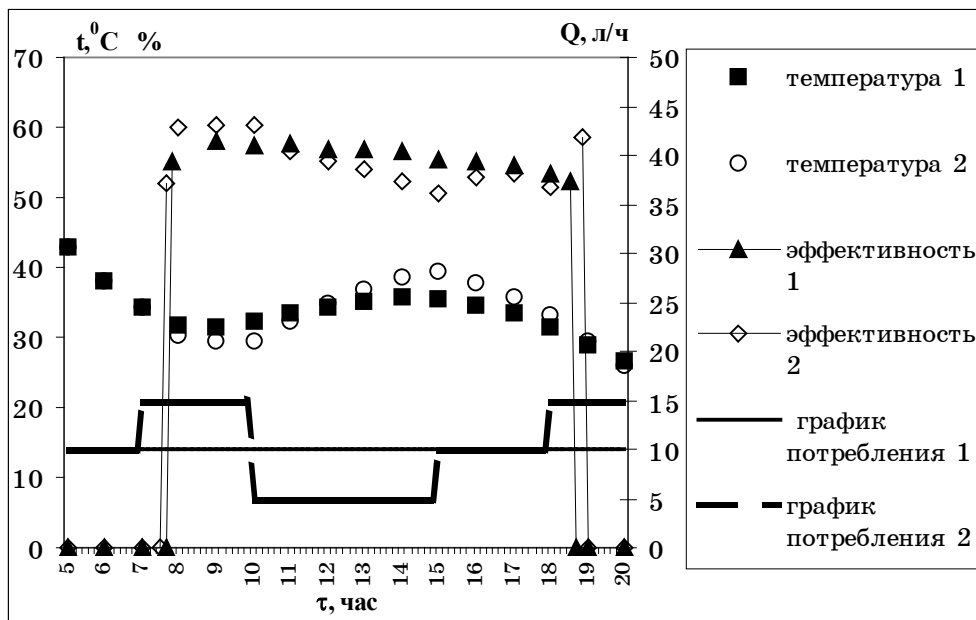


Рисунок 4 – Зависимость температуры воды в БА от графика потребления воды

На рис.4 показано, что с увеличением потребления воды в утреннее время температура воды понижается. С другой стороны, снижение потребления воды в дневное время обеспечивает более высокие значения температур во второй половине дня. Происходит своеобразная «компенсация температур». В конце светового дня температура воды в обоих случаях практически одинаковая. Это позволяет сделать вывод о том, что при равном общем потреблении воды график потребления влияет на диапазон изменения температур в течение суток, но не оказывает влияния на общее количество полезной используемой солнечной энергии. Это подтверждает тот факт, что эффективность работы установки в обоих случаях лежит в пределах 50-60%.

Также в исследовании проводился анализ влияния на работу установки температуры наружного воздуха и скорости ветра.

В реальных условиях работы системы температура наружного воздуха изменяется в течение суток. Предполагалось, что это изменение происходит в соответствии с изменением интенсивности ССР и находится в пределах 20-34°C. В результате происходит уменьшение тепловых потерь в окружающую среду. В связи с этим наблюдается повышение температуры воды в БА и эффективности работы установки. Поправка на реальное значение температуры наружного воздуха составляет 2-4°C, эффективность повышается на 10%.

При повышении скорости ветра повышается интенсивность теплоотдачи в окружающую среду от элементов установки. Исследования показали, что данный параметр в целом не оказывает значительное влияние на работу системы. В среднем при увеличении скорости ветра на 1 м/с происходит снижение температуры воды в системе на 0,1°C.

Далее проводился анализ влияния на работу установки такого параметра, как объемный расход воды, циркулирующей в контуре с помощью ВН. В исследованиях использовались БА разных объемов (65, 200, 500 л). Моделирование показало, что данный параметр необходимо учитывать при использовании БА малых объемов. При увеличении производительности ВН от 10 до 30 л/ч можно достичь повышения температуры воды на 10%, от 30 до 50 л/ч – на 3%. Дальнейшее повышение производительности ВН нецелесообразно, поскольку температура воды при этом практически не меняется. Таким образом, производительность ВН при использовании БА любого объема составляет 30-50 л/ч.

На практике при использовании систем горячего водоснабжения часто требуется поддерживать температуру воды у потребителя в определенном диапазоне. Это можно осуществить двумя методами: 1) автоматическим регулированием температуры в БА; 2) смешением горячей и холодной воды у потребителя.

При использовании первого метода эффективность СК падает, т.к. в часы наивысшего солнцестояния существует возможность автоматического отключения установки из-за ограничения температуры воды в БА. В связи со снижением расхода воды с высокой температурой (метод 2) создаются предпосылки для накопления большего количества тепловой энергии в БА (увеличение температуры воды).

Результаты данного исследования представлены на рис.5.

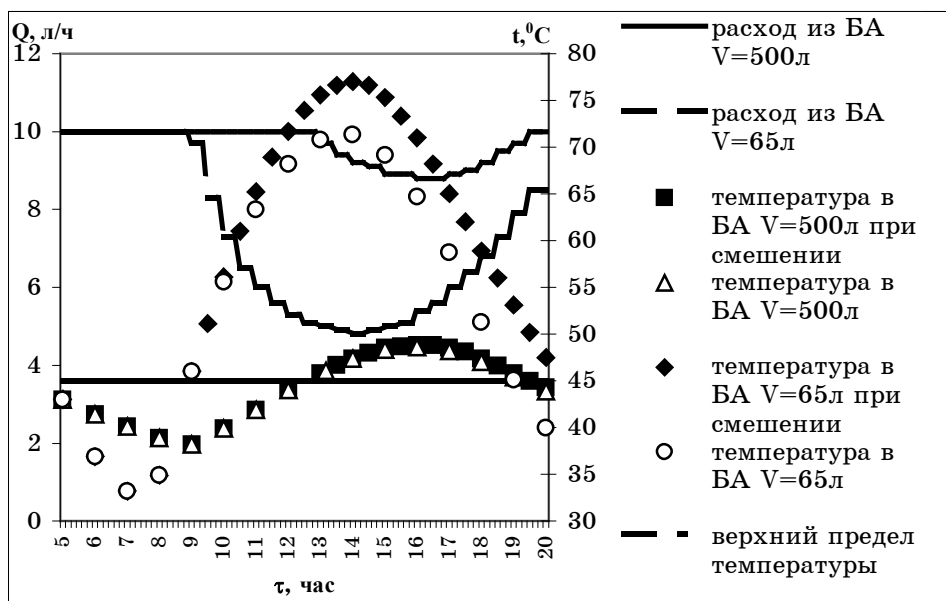


Рисунок 5 – Зависимость температуры воды в БА и расхода воды из БА с и без смешивания при разных объемах БА

Из рис.5 видно, что метод смешения более эффективный при использовании БА малого объема, т.к. можно достичь более высокие температуры воды в течение дня. Сокращение расхода воды из БА достигает 30%. В результате увеличение температуры воды в БА, а соответственно – тепловой энергии, может достигать 20%.

При использовании БА большого объема повышение эффективности работы установки незначительно. Это объясняется тем, что температура воды в БА находится в узком диапазоне и незначительно превышает верхний допустимый предел как по величине, так и во времени.

На рис.6 представлены результаты исследования установки, работающей в течение двух суток. Рассматривалось 2 режима: со смешиванием и без смешивания объемов воды разной температуры. Для демонстрации достоинства «эффекта смешивания» использовался БА объемом 65 л. Для упрощения принималось, что потребление воды происходит только во время солнечной активности и в ночное время равно нулю.

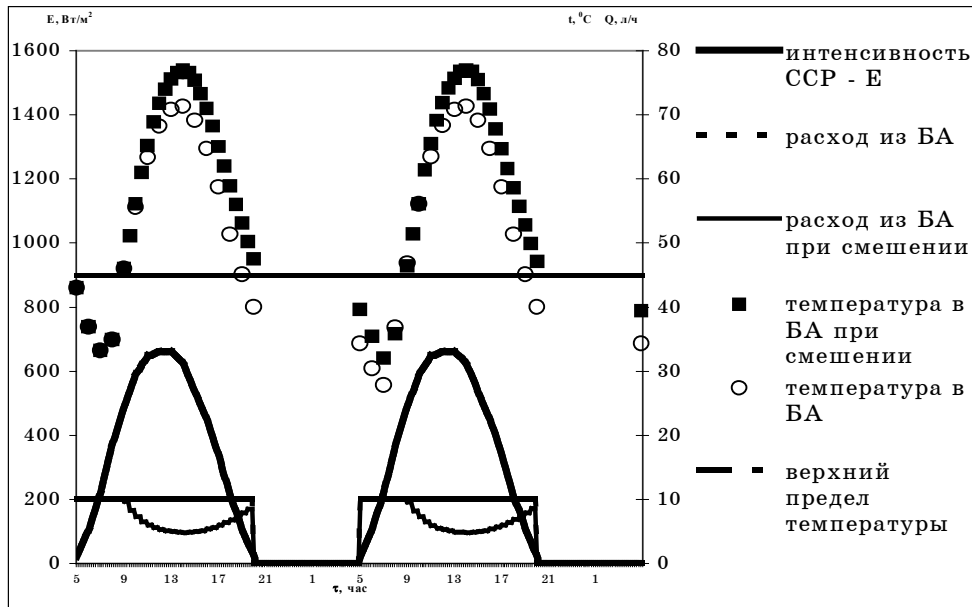


Рисунок 6 – Зависимость температуры воды в БА и расхода воды из БА с и без смешивания в течение двух суток подряд

Из рис.5 видно, что метод смешения более эффективный при использовании БА малого объема, т.к. можно достичь более высокие температуры воды в течение дня. Сокращение расхода воды из БА достигает 30%. В результате увеличение температуры воды в БА, а соответственно – тепловой энергии, может достигать 20%.

При использовании БА большого объема повышение эффективности работы установки незначительно. Это объясняется тем, что температура воды в БА находится в узком диапазоне и незначительно превышает верхний допустимый предел как по величине, так и во времени.

На рис.6 представлены результаты исследования установки, работающей в течение двух суток. Рассматривалось 2 режима: со смешиванием и без смешивания объемов воды разной температуры. Для демонстрации достоинства «эффекта смешивания» использовался БА объемом 65 л. Для упрощения принималось, что потребление воды происходит только во время солнечной активности и в ночное время равно нулю.

Из рис.6 видно, что в ночное время наблюдается существенное снижение температуры воды в БА, что говорит о плохом уровне тепловой изоляции БА. В исследуемой системе было принято, что коэффициент тепловых потерь БА составляет $4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. В аналогичных системах, используемых на практике, значение этого параметра могут быть в 10-15 раз ниже. В случаях хорошей теплоизоляции БА потери температуры за ночное время можно принимать около 1°C . Температура воды в БА в начале следующего дня можно принимать равным температуре воды в конце дня предыдущего. Если обеспечить равенство температуры воды в

БА в начале и в конце светового дня, это может служить предпосылкой для эффективного использования установки непрерывно в летнее время.

SUMMARY

The influence of different factors on size of coming solar radiation and on efficiency of solar heat supply system is defined. The results of computer design of solar hot water system are presented. Practical recommendations on choice of parameters of solar heat supply system for its effective work are given.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж.. Расчет систем солнечного теплоснабжения. – М.: Энергоиздат, 1982. – 80с.
2. Ахаоролос Р., Pitsilis G. and Panagakis P., Int. J. of Solar Energy. – 2002. - Vol.22(2). - pp. 83 – 92.
3. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. – К.: Наукова думка, 1999. - 315с.
4. Дешко В.И., Дубровская В.В., Иванов П., Кучко М. Результаты экспериментальных исследований систем солнечного горячего теплоснабжения в Украине и в Болгарии //Пром. Теплотехника.– 2003.–Т. 25.–Приложение к журналу №4.–С. 268-270.

Поступила в редакцию 6 декабря 2005 г.

УДК 621.65

МЕТОДИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ И АДАПТАЦИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

А.А. Евтушенко*, канд. техн. наук, доцент; **В.В. Зинченко***, асп.;
Н.И. Сотник*, канд. техн. наук;

В.С. Бойко**, д-р техн. наук

*Сумской государственной университет

**Национальный технический университет Украины “КПИ”

Одним из перспективных направлений улучшения современного состояния жилищно-коммунального хозяйства городов Украины является эффективное энергосбережение, которое включает в себя снижение расхода энергоносителей, уменьшение их потерь, и следовательно, уменьшение энергоемкости продукции и оказываемых услуг. Эти проблемы особенно актуальны для многих коммунальных предприятий сферы водоснабжения, у которых доля энергетических затрат в себестоимости предоставляемых услуг может достигать 60-80%.

Следовательно, разработка и внедрение энергосберегающих мероприятий на таких коммунальных предприятиях является одним из приоритетных направлений в этой сфере.

Высокий уровень энергоемкости услуг, оказываемых городскими водоснабжающими предприятиями, обуславливается крайне неэффективным использованием энергии в технологических производственных процессах, в первую очередь – электрической.

Поэтому общей проблемой многих городов Украины, которая стала особенно актуальной сегодня, является неоправданно высокий уровень текущих (эксплуатационных) затрат, в первую очередь, электроэнергии, на подъем воды.

Общие тенденции к ускорению и удешевлению строительства станций третьего подъема в период строительства приводило к принятию не самых лучших проектных решений и упрощенных технологий. Такой