

УДК 378.147.88:621.311

## ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНОЇ РАБОТИ «ЕНЕРГОСНАБЖЕННЯ ЖИЛОГО ДОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА»

© Канюк Г.И., Чернюк А.М., Пугачова Т.Н., Безъязычный В.Ф., Солод Е.А.

*Українська інженерно-педагогічна академія*

### Інформація про автора:

**Канюк Геннадій Іванович:** ORCID: 0000-0003-1399-9039; [gennadiyy-kanjuk@rambler.ru](mailto:gennadiyy-kanjuk@rambler.ru); доктор технічних наук, декан енергетичного факультету; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Чернюк Артем Михайлович:** ORCID: 0000-0003-2046-8754; [ach2@yandex.ua](mailto:ach2@yandex.ua); кандидат технічних наук, старший викладач кафедри електроенергетики; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Без'язичний Василій Федорович:** ORCID: 0000-0001-8054-3723; [Bezvf@mail.ru](mailto:Bezvf@mail.ru); кандидат технічних наук, старший викладач кафедри теплоенергетики та енергозбереження; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Пугачова Тетяна Миколаївна:** ORCID: 0000-0002-4786-8988; [tatpch@mail.ru](mailto:tatpch@mail.ru); кандидат технічних наук, виконуюча обов'язки завідуючої кафедрою теплоенергетики та енергозбереження; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

**Солод Катерина Андріївна:** ORCID: 0000-0001-9090-1280; [dolos199302@mail.ru](mailto:dolos199302@mail.ru); студентка кафедри теплоенергетики та енергозбереження; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Проведен анализ состояния проблемы моделирования процессов в гелиосистемах в условиях учебных лабораторий. Представлена типовая конструкция коллектора солнечной энергии и методика расчёта его основных энергетических характеристик. Представлена методика проведения лабораторной работы и оценки экономической эффективности внедрения тепловых гелиоустановок в системы энергоснабжения жилых домов.

**Ключевые слова:** энерго – и ресурсосбережение, лабораторная база, энергосбережение, подготовка персонала, обучение студентов.

**Канюк Г.И., Чернюк А.М., Пугачова Т.М., Без'язичний В.Ф. Солод Е.А.** «Постановка лабораторної роботи "Енергопостачання житлового будинку з використанням енергії сонця"»

Проведено аналіз стану проблеми моделювання процесів у геліосистемах в умовах навчальних лабораторій. Представлена типова конструкція колектора сонячної енергії та методика розрахунку його основних енергетичних характеристик. Представлена методика проведення лабораторної роботи та оцінки економічної ефективності впровадження теплових геліоустановок в системи енергопостачання житлових будинків.

**Ключові слова:** енерго - та ресурсозбереження, лабораторна база, підготовка персоналу, навчання студентів.

**G. Kanuk, A. Chernyuk, T. Pugachova, V. Bezuzichny, E. Solod** «Statement of the Laboratory Work "The Supply of Residential Homes Using Solar Energy"»

The analysis of the problem of modeling of processes in solar and in terms of educational laboratories was organized. A typical design of solar energy collector and method of calculation of its main energy characteristics was submitted. Methodology for laboratory work and evaluation of the economic efficiency of thermal solar power plants in the power system houses was presented.

**Keywords:** energy - and resource conservation, laboratory facilities, training of staff, training of students.

### **Постановка проблеми**

Динамический процесс обновления техники и технологий выдвигает высокие требования к уровню квалификации выпускников учебных заведений. Поэтому на современном этапе развития общества повышается роль подготовки высококомпетентных специалистов разных профилей, которые не только обладают сформированными профессиональными знаниями и умениями, но и готовы применить свои способности в профессиональной деятельности.

В настоящее время в Украинской инженерно-педагогической академии в рамках госбюджетной научной работы РН 0112U005979 ведётся разработка базового курса дисциплины «Основы энерго- и ресурсосбережения» [1]. Исходя из этого, силами центра технического творчества студентов «Учтехника» (ЦТТС) реализуется концепция создания базового цикла лабораторных работ по данной дисциплине [2,3]. Разработаны рабочие проекты десяти комплексных лабораторных стендов по всем основным частям рассматриваемого учебного курса.

За последний год часть проектов была реализована в полной мере и воплощена в металле, были поставлены и успешно проводятся три лабораторные работы, а также создан интерактивный учебно-производственный комплекс по подготовке рабочего персонала электрической части энергообъектов.

Модернизация образования в профессиональной школе направлена на улучшение подготовки специалистов широкого профиля. Однако возникает проблема, которая заключается в несоответствии существующей цели и содержания профессионального образования требованиям рынка труда [4].

В целях обучения студентов основам работы энергосберегающих комплексов стал вопрос о лабораторном моделировании процессов в промышленных гелиосистемах. Процессы преобразования, передачи и распределения энергии, полученной непосредственно от Солнца имеют сложную физическую природу. Для эффективного использования энергии Солнца созданы дорогостоящие и высокотехнологичные преобразователи и системы их автоматизации.

В создаваемой межотраслевой учебной лаборатории был смоделирован процесс работы теплового солнечного коллектора, создан комплексный лабораторный стенд «Энергоснабжение жилого дома с использованием энергии солнца» и поставлена на нём лабораторная работа «Исследование устройства, принципа действия и рабочих характеристик солнечного коллектора». При создании рассматриваемого лабораторного стенда особое внимание уделялось формированию практических навыков научно-технических изысканий студентов участников ЦТТС.

Целью проведения рассматриваемой лабораторной работы является формирование у студентов практических навыков определения количественных показателей экономии энергии расходуемой на отопление и горячее водоснабжение жилого дома при эффективном использовании солнечной энергии.

### **Анализ последних исследований и публикаций.**

Многие видные ученые, инженеры, педагоги, психологи (А.Н. Гарина-Домченко, В.С. Иващенко, В.П. Пархоменко, Э.С. Чугунова и др.) занимались вопросами организации технического творчества студентов в системе профессионально-технического образования. Исследовались вопросы теоретического и практического характера, возможности осуществления творческой деятельности на основе включения студентов в изобретательскую и рационализаторскую и деятельность, решения производственных задач. Результаты этих исследований доказывают эффективность технической творческой деятельности студентов в решении задач обучения и воспитания, в подготовке высококвалифицированных специалистов и показывают возможность рассмотрения

подготовки студентов к техническому творчеству как одной из задач обучения и воспитания в системе профессионального образования.

Исходные позиции разработки проблемы подготовки молодежи к творческой деятельности нашли отражение в трудах П.А. Блонского, А.С. Макаренко, В.А. Сухомлинского. О значимости для гармонического развития личности включения молодежи в техническую творческую деятельность свидетельствуют труды педагогов: П.Р. Атутова, Ю.К. Бабанского, Ю.К. Васильева, В.Г. Разумовского, М.Н. Скаткина и других исследователей. Осуществление технической творческой деятельности на учебных занятиях исследовали П.Н. Андрианова, Л.И. Галкина, и др.

Подготовка инженера, как творца новой техники, сейчас немыслима без обучения его основам изобретательства, без активного привлечения студентов к решению творческих задач, поставленных практикой развития общества [5].

В настоящее время психология творчества, процессы управления творчеством мало изучены и многие исследователи стоят на позициях о принципиальной непознаваемости этих процессов, а это ставит порой непреодолимый психологический барьер на пути целенаправленного обучения техническому творчеству.

Необходимо различать, по крайней мере, два уровня решения творческих изобретательских задач.

Первый уровень – это задачи, которые могут быть потенциально реализованы на базе достигнутых научно-технических знаний, для решения задач второго уровня требуется установление принципиально новых явлений и законов природы.

Следует всегда помнить, что познание человеком сущности любого явления относительно. Однако это обстоятельство должно стать не тормозом, а наоборот, руководством к поиску путей решения задач первого уровня и перевода задач со второго на первый уровень по мере накопления новых знаний о сущности явлений.

Формирование профессиональной компетенции будущего специалиста в процессе обучения в вузе – сложная и многогранная задача, решение которой, особо актуально, в условиях перехода к многоуровневой системе подготовки кадров и входом Украины в общеевропейский Болонский процесс. Профессиональная конкурентоспособность выпускника ВУЗа тесно связана с формированием его профессиональной компетентности, возможностями для развития молодого специалиста.

Система технического творчества студентов направлена на повышение качества подготовки выпускников ВУЗов, способных осуществлять самостоятельную творческую деятельность, постоянно заниматься самообразованием, совершенствованием своего профессионализма, усваивать поток научно-технической информации и применять на практике полученные знания и умения. В настоящее время основным показателем подготовки специалиста становится синтез приобретаемых им знаний с его творческими способностями и общей компетентностью.

#### **Изложение основного материала.**

Одним из наиболее перспективных направлений в области энерго- и ресурсосбережения является использование солнечной энергии с минимальным количеством ступеней её преобразования.

На основании анализа современной научно-технической литературы по данной проблематике можно выделить характерные гелиоэнергетические установки, работа которых основана на различном способе преобразования лучистой энергии в другие её виды. Так различают установки по преобразованию солнечной энергии непосредственно в тепловую с дальнейшим её накоплением в теплоносителе (солнечный коллектор), непосредственно в электрическую (солнечные батареи), в механическую через тепловую (гелиоустановки с двигателем Стирлинга), в электрическую через тепловую и механическую (солнечные электростанции) и пр [6,7,8].

В условиях учебных лабораторий ВУЗов Украины практическое изучение процессов в рассматриваемых установках происходит в основном на реальных промышленных образцах гелиосистем, что достаточно дорого и доступно лишь некоторым ведущим ВУЗам.

При этом возможности моделирования процессов преобразования солнечной энергии зачастую ограничены техническими характеристиками конкретных установок и их правилами эксплуатации, что значительно сокращает спектр возможных научно-технических задач, реализуемых на их базе.

Повсеместное внедрение в учебный процесс лабораторного моделирования работы гелиосистем является актуальной задачей, решение которой требует создание экономичного (бюджетного) варианта лабораторного стенда с варьируемыми параметрами.

На современном этапе развития энергосберегающих технологий наиболее перспективным в этой отрасли является использование тепловых солнечных коллекторов, принцип действия которых основан на преобразовании излучения видимого спектра солнечного света непосредственно в тепловую энергию, передаваемую теплоносителем к потребителю.

Коллектор солнечной энергии (КСЭ), показанный на рис. 1, представляет собой плоский короб 1, обращенная к солнцу панель 2 которого выполнена из прозрачного материала – стекла или полимерной пленки. Прошедший через эту панель поток лучистой энергии солнца  $Q_{\text{л}}$  попадает на зачерненный абсорбент 4 и поглощается им. Абсорбент состоит из металлического листа и приваренных к нему трубок 3, изогнутых в змеевик. Трубки являются тепловоспринимающей частью циркуляционного контура установки. В них и происходит нагрев теплоносителя (воды или антифриза). Боковые и нижняя стороны КСЭ покрыты слоем теплоизоляционного материала 5.

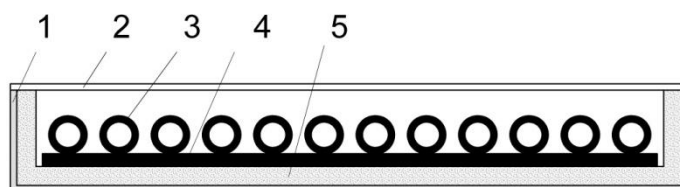


Рис. 1 Конструкция коллектора солнечной энергии  
1 – корпус; 2 – остекление; 3 – трубки змеевика; 4 – абсорбер солнечной энергии; 5 –  
тепловая изоляция

Основным элементом солнечной нагревательной системы является приемник, в котором происходит поглощение солнечного излучения и передача энергии жидкости. Самые простые приемники содержат весь объем жидкости, которую необходимо нагреть. Приемники более сложной конструкции нагревают за определенное время только небольшое количество жидкости, которая, как правило, затем накапливается в отдельном резервуаре (баке-аккумуляторе).

Поток лучистой энергии  $Q_{\text{пов}}$ , Вт, поглощаемой поверхностью приемника, составляет [7,8]

$$Q_{\text{пов}} = \tau_{\text{пов}} \alpha F I$$

где  $\tau_{\text{пов}}$  – коэффициент пропускания солнечного излучения прозрачным покрытием, принимается равным 0,9 для одинарного стеклянного покрытия, 0,8 – для двойного стеклянного покрытия, 0,81 – для селективного стекла;  $\alpha$  – коэффициент поглощения приемной поверхностью коллектора солнечного излучения, принимается равным 0,9 для одинарного стеклянного покрытия, 0,9 – для двойного стеклянного покрытия, 0,81 – для селективного стекла;  $F$  – площадь освещаемой поверхности коллектора,  $\text{м}^2$ ;  $I$  – облученность поверхности солнечного коллектора,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

В процессе поглощения энергии температура поверхности приемника повышается и становится существенно выше температуры окружающего воздуха. Это приводит к

возникновению обратного теплового потока в окружающую среду, который можно определить

$$Q_{ном} = F(T_n - T_{o.c.})/R_n,$$

где  $T_n$  – температура приемной поверхности коллектора, К;  $T_{o.c.}$  – температура окружающего воздуха, К;  $R_n$  – термическое сопротивление приемной поверхности коллектора, для типичных коллекторов можно принять равным  $0,13 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  для одинарного стекла  $0,22 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  – для двухслойного стекла  $0,4 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  – для селективного стекла.

Уравнение солнечного коллектора тогда можно представить [9,10]

$$Q_{ск} = F[\tau_{нов} \alpha I - (T_n - T_{o.c.})/R_n].$$

Однако не вся энергия, получаемая коллектором, передается жидкости - теплоносителю, а только ее часть, характеризуемая коэффициентом перехода  $k_f$  солнечной энергии, показывающим долю теплового потока  $Q_{ск}$ , передаваемого жидкости, принимается равным  $0,85$

$$Q_{ж} = k_f Q_{ск}$$

Количество же тепла, требуемого для нагрева жидкости на определенную разницу температур  $Q_{ж}$ , Вт можно записать в виде

$$Q_{ж} = L \rho_c (T_k - T_n)$$

где;  $T_k$  – конечная температура воды, К;  $T_n$  – начальная температура воды, К;  $\rho$  – плотность воды, равная  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $c$  – теплоемкость воды, равная  $4200 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}$ ;  $L$  – объемный расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Уравнение теплового баланса коллектора можно записать в виде

$$k_f F(\tau_{нов} \alpha I - T_n - T_{o.c.} / R) = L \rho c T_k - T_n$$

Из уравнения баланса солнечного коллектора определяются все основные характеристики [9,10].

Производительность коллектора зависит от параметров потока излучения солнечной энергии, площади теплоприёмной поверхности коллектора, интегрального показателя оптического коэффициента полезного действия, характеризующего эффективность преобразования потока солнечного излучения в тепловую энергию и времени работы установки. Она может быть определена по формуле

$$Q_{КСЭ} = q_n F_k \eta_{омм} d\tau$$

где  $q_n$  - средняя плотность суммарного потока солнечного излучения,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $F_k$  – площадь теплоприёмной поверхности коллектора,  $\text{м}^2$ ;  $\eta_{омм}$  - оптический коэффициент полезного действия коллектора;  $\tau$  – продолжительность воздействия излучения, ч.

Тепло, переданное потребителю, Дж.,

$$Q = V c \rho t_2 - t_1$$

где  $V$  – объём теплоносителя в системе нагрева,  $\text{м}^3$ ;  $c$  – теплоёмкость теплоносителя  $\text{кДж}/\text{кг} \cdot \text{К}$ ;  $\rho$  – плотность теплоносителя  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $t_1, t_2$  – соответственно начальная и конечная температуры теплоносителя, К.

Экономия условного топлива в единицу времени (час),  $\text{кг}/\text{час}$  составит

$$\Delta B_{\text{час}} = Q / Q_{\text{усл}} \eta_{\text{ку}}$$

где  $Q_{\text{усл}}$  – теплота сгорания условного топлива Дж·кг ( $29330 \cdot 10^3$  Дж·кг),  $\eta_{\text{ку}}$  – коэффициент полезного действия котельной установки (0,75 – 0,85).

Отсюда можно определить экономический эффект от внедрения в системах теплоснабжения коллекторов солнечной энергии, грн. год

$$D = \Delta B_{\text{час}} \cdot Q_{\text{усл}} \cdot T \cdot \mathcal{E}$$

где  $\mathcal{E}$  – стоимость тепловой энергии, грн./ГДж, в регионе, для которого проектируется установка;  $T$  – годовое число часов эффективной работы коллектора при заданной плотности потока солнечного излучения, час·год

Помимо собственно коллектора солнечной энергии в состав лабораторного стенда входят: универсальный регулируемый излучатель, автономная система отопления и горячего водоснабжения жилого дома, традиционный источник тепловой энергии (электрокотёл), система автоматизации управления температурными режимами системы отопления. Указанное оборудование смонтировано на каркасе в виде фрагмента скатной кровли, на котором показан способ энергоэффективного утепления каркасных строительных конструкций при помощи современных теплоизоляционных материалов.

Состав лабораторной установки показан на рис. 2.

В соответствии со схемой лабораторной установки (рис. 2, 3) система отопления жилого дома питается от двух источников тепловой энергии – коллектора солнечной энергии (КСЭ) 1 и электрокотла 3. Терморегулятор блока автоматики 4 управляет работой электрокотла с целью поддержания температуры теплоносителя системы отопления в заданных температурных пределах. При этом первоначальный нагрев теплоносителя осуществляется электрокотлом, а дальнейшее поддержание температурного режима осуществляет КСЭ. Электрокотёл включается как резервный источник тепла в случае недостаточно высокой температуры на выходе КСЭ.

В работе моделируется два режима работы автономной системы отопления жилого дома (отопление электрокотлом и комбинированное отопление с приоритетным включением коллектора солнечной энергии). Сравнительная характеристика данных режимов покажет уровень экономии энергоресурсов при использовании солнечной энергии для отопления жилого дома.

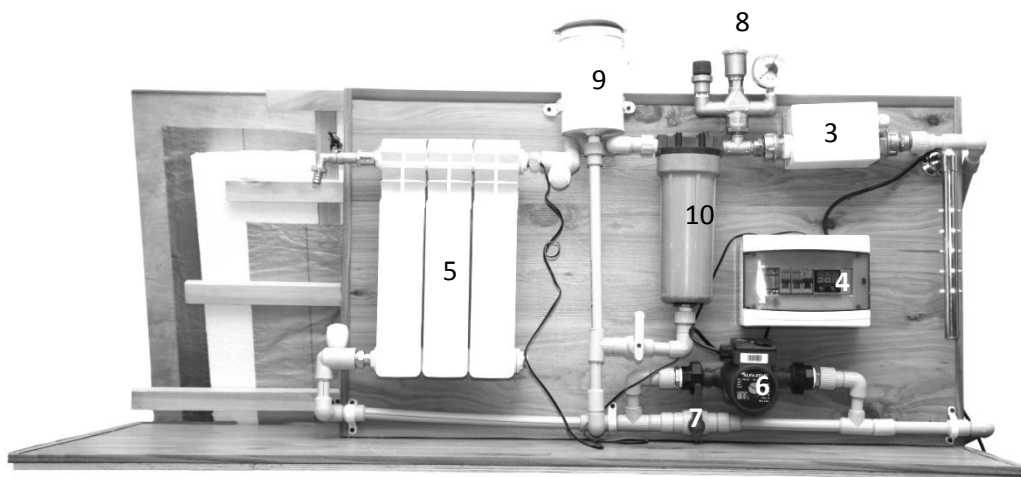
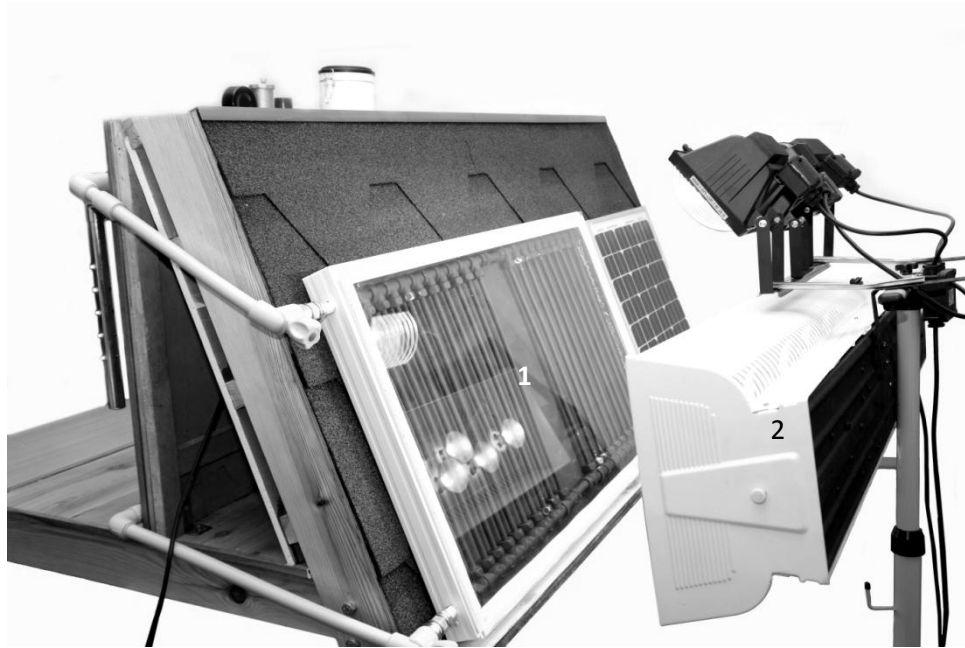


Рис.2 Состав лабораторной установки

1 – солнечный коллектор; 2 – универсальный регулируемый излучатель; 3 – электродкотёл; 4 – блок управления и автоматики; 5 – квартирный радиатор отопления; 6 – циркуляционный насос; 7 – запорный кран байпаса; 8 – группа безопасности; 9 – расширительный бак; 10 – бойлер горячего водоснабжения.

Разность показаний счётчика электроэнергии, установленного на вводе питания электродкотла, в первом и втором режимах определяет уровень экономии первичных энергоресурсов (в данном случае электроэнергии), кВт·ч

$$\Delta W = W_1 - W_2,$$

где  $W_1, W_2$  – показания счётчика электроэнергии в первом и втором режимах соответственно, кВт·ч.

Экономический эффект от использования КСЭ в системе отопления, грн

$$D = \Delta W \cdot T \cdot \mathcal{E},$$

где  $\mathcal{E}$  – стоимость электроэнергии, грн./кВт·ч;  $T$  – время поддержания заданного температурного режима системы отопления, ч.

Согласно формуле теплового баланса КСЭ произведённое КСЭ тепло передаётся потребителю и уравнивается теплотерями с его поверхности. В нашем случае потребителем тепловой энергии является малогабаритный квартирный радиатор отопления 5 с известными геометрическими параметрами. Поэтому полезно потреблённую тепловую энергию можно определить как расчётным путём, так и по результатам непосредственных измерений по показаниям квартирного счётчика тепловой энергии, установленного на подающей трубе радиатора.

#### Выводы и перспективы.

Проведение рассматриваемой лабораторной работы позволит сформировать у студентов практические навыки определения количественных показателей экономии энергии, расходуемой на отопление и горячее водоснабжение жилого дома при эффективном использовании солнечной энергии.

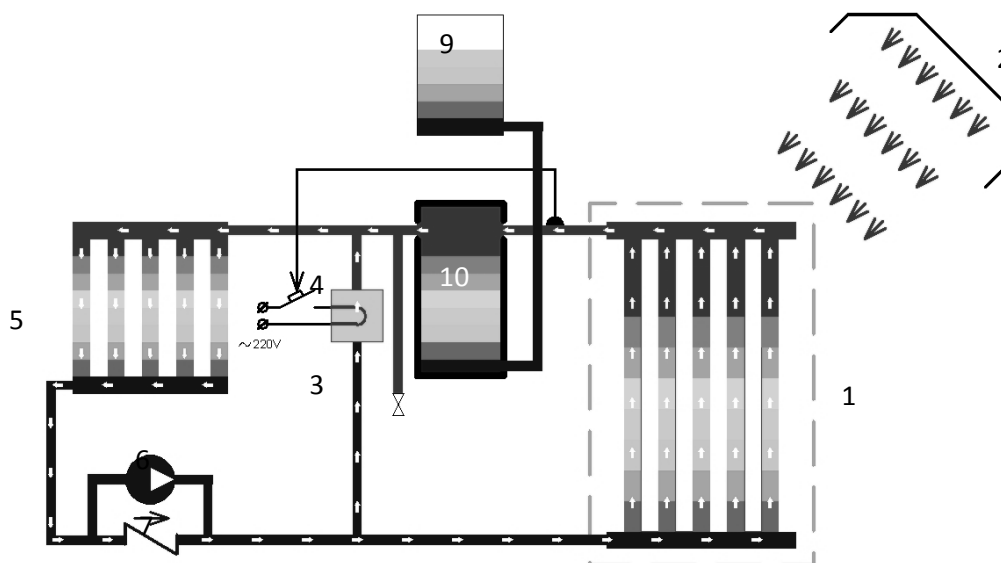


Рис. 3 Схема лабораторной установки  
(позиции соответствуют рис. 2)

#### Список использованных источников

1. Проект створення системи підготовки та підвищення кваліфікації викладачів курсів «Основи енерго- та ресурсозбереження на виробництві, у комунальному господарстві, у сфері послуг та побуту» / Г. І. Канюк, О. Е. Коваленко, М. І. Лазарев, В. Ф. Без'язичний, Т. М. Пугачова // Проблеми інженерно-педагогічної освіти : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Х., 2013. – Вип. 38-39. – С. 13–23.

2. Васюченко П. В. Повышение компетентности выпускника ВУЗа за счёт развития системы технического творчества студентов / П. В. Васюченко, А. М. Чернюк, Н. А. Несторук // Наукова скарбниця освіти Донеччини. – 2013. – №1 (14). – С. 9–14.

3. Концепція створення лабораторної бази навчального курсу «Основи енерго- та ресурсозбереження» / Г. І. Канюк, А. М. Чернюк, Т. М. Пугачова, В. Ф. Без'язичний, Є. О. Занихайло



// Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету (Педагогічні науки). – Бердянськ, 2013. – № 4. – С. 59–65.

4. Васюченко П. В. Формування професійної компетентності з електротехніки у майбутніх викладачів електроенергетичних дисциплін: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / П. В. Васюченко ; ЧНПУ ім. Т. Г. Шевченка. – Чернігів, 2011. – 230 с.

5. Абрамова Н. А. Изобретательство в техническом творчестве студентов: учеб.-метод. пособие / Н. А. Абрамова, В. С. Григорьев, В. З. Зверовщиков. – Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2008. – 70 с.

6. Солнечная энергетика : (сб. статей) / под. ред. Ю. Н. Малевского, М. М. Колтуна. – М. : Мир, 1979. – 390 с.

7. Танака С. Жилье дома с автономным солнечным теплохладоснабжением / С. Танака, Р. Суда. – М. : Стройиздат, 1989.

8. Сарнацкий Э. В. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Э. В. Сарнацкий, С. А. Чистович. – М. : Стройиздат, 1990.

9. Хахалева Л. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : пособие для проведения лабораторного практикума / сост. Л. В. Хахалева. – Ульяновск, 2007. – 21 с.

10. Солнечная водонагревательная установка: метод. разраб. / сост.: В. И. Ляшков, С. Н. Кузьмин. – Тамбов : Изд-во Тамбов. гос. тех. ун-та, 2004. – 20 с.

### References

1. Kanyuk, GI, Kovalenko, OE, Lazarev, MI, Beziazychniy, VF & Puhachova, TM 2013, 'Proekt stvorenniya sistemi pIdgotovki ta pIdvischennya kvalIfkatsIYi vkladachiv kursiv «Osnovy energo- ta resursozberezhennya na virobnitstvi, u komunalnomu gospodarstvi, u sferi poslug ta pobutu», *Problemy inzhenerno-pedahohichnoi osvity*, no. 38/39, pp. 13-23.

2. Vasyuchenko, PV, Chernyuk, AM & Nestoruk, NA 2013, 'Povysheniye kompetentnosti vypusknika VUZa za schot razvitiya sistemy tekhnicheskogo tvorchestva studentov', *Naukova skarbnitsa osvity Donechchiny*, no. 1 (14), pp. 9-14.

3. Kanyuk, GI, Chernyuk, AM, Pugachova, TM, Beziazychniy, VF & Zanykhailo, EO 2013, 'Kontseptsiia stvorennia laboratornoi bazy navchalnoho kursu «Osnovy energo- ta resursozberezhennia», *Zbirnik naukovykh prats Berdianskoho derzhavnoho pedahohichnoho universitetu (Pedahohichni nauky)*, no.4, pp. 59-65.

4. Vasyuchenko, PV 2011, *Formuvannia profesiinoi kompetentnosti z elektrotekhniki u maibutnikh vykladachiv elektroenerhetichnykh distsiplin*, Kand. ped. n. thesis, spets. 13.00.04, ChNPU im. T. G. Shevchenka, Chernihiv.

5. Abramova, NA, Grigoryev, VS & Zverovshchikov, VZ 2008, *Izobretatelstvo v tekhnicheskome tvorchestve studentov*, Penzenskiy gos. universitet, Penza.

6. Malevskiy, YuN & Koltun, MM (eds.) 1979, *Solnechnaya energetika*, Mir, Moskva.

7. Tanaka, S. & Suda, R 1989, *Zhilye doma s avtonomnym solnechnym teplotkhladosnabzheniyem*, Stroyizdat, Moskva.

8. Sarnatskiy, EV & Chistovich, SA 1990, *Sistemy solnechnogo teplo- i khladostnabzheniya*, Stroyizdat, Moskva

9. Khakhaleva, LV 2007, *Netraditsionnyye i vozobnovlyaemye istochniki energii*, Ulyanovsk.

10. Lyashkov, VI & Kuzmin, SN 2004, *Solnechnaya vodonagrevatel'naya ustanovka*, Izdatelstvo Tambovskogo goudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, Tambov.

Стаття надійшла до редакції 06.09.2014р.