

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по аграрному
техническому образованию в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования по специальности
1-74 06 05 Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (по направлениям)
направление специальности 1-74 06 05-02 Энергетическое обеспечение
сельского хозяйства (теплоэнергетика)*

Минск
БГАТУ
2017

УДК 620.92 (07)
ББК 31Я7
К68

Составители:
кандидат технических наук, доцент *В. А. Коротинский*,
ассистент *В. Ф. Клинцева*,
ассистент *А. В. Ожелевский*

Рецензенты:
кафедра «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии» БНТУ
(заведующий кафедрой, профессор, доктор физико-математических наук *В. Г. Баицовой*),
директор ПМНП «Спецтехналадка» *А. В. Михадюк*

Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения. Курсовое проектирование : учебно-методическое пособие / сост. : В. А. Коротинский, В. Ф. Клинцева, А. В. Ожелевский. – Минск : БГАТУ, 2017. – 104 с.
ISBN 978-985-519-871-1.

Содержит теоретические положения, а также сведения по расчету солнечной системы теплоснабжения.

Для студентов учреждений высшего образования специальности 1-74 06 05 Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (по направлениям); направление специальности 1-74 06 05-02 Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (теплоэнергетика).

УДК 620.92 (07)
ББК 31.38Я7

ISBN 978-985-519-871-1

© БГАТУ, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
2 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ...	14
3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА.....	18
4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	46
Список использованных источников.....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ А	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	56

ВВЕДЕНИЕ

Республика Беларусь является государством с ограниченными топливно-энергетическими ресурсами и вынуждена транспортировать их в размере до 85 %. Поэтому, как многие страны мира, имеющие низкую собственную энергетическую составляющую, стремится внедрять альтернативные источники получения энергии.

Одним из приоритетных направлений в энергосбережении¹ является использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, к которым относится солнечная энергия.

Разработка и использование солнечных систем теплоснабжения в жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном секторе в настоящее время актуальны и требуют соответствующих знаний. Поэтому целью учебно-методического пособия является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков по составлению схем и эффективному использованию тепловой и электрической энергии, а также приводятся основные данные и рекомендации по расчету и выбору основного оборудования солнечной системы теплоснабжения для объектов АПК.

Основной задачей является решение вопросов эффективного использования солнечной энергии для системы теплоснабжения.

Учебно-методическое пособие разработано для выполнения курсовой работы по дисциплине «Энергосберегающие системы в АПК», а также может быть использовано по дисциплине «Проектирование теплоэнергетического оборудования» и в отдельном разделе дипломного проекта. Оформлено в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

¹ Энергосбережение — организационная, научная, практическая и информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц, направленная на снижение расхода топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, переработки, транспортирования, хранения, производства, использования и утилизации [3].

1 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Структура курсового проекта (работы) должна включать следующие элементы (материалы приведены в порядке их расположения):

- титульный лист;
- задание;
- ведомость комплекта проектной документации (для курсовых проектов);
- реферат;
- содержание;
- введение;
- текст пояснительной записки с иллюстративным материалом, таблицами, графиками и т. п.;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Общий объем курсового проекта составляет 30–35 машинописных страниц (курсовой работы 25–30 страниц). Объем графической части курсовых проектов составляет, как правило, 2 листа формата А1 (объем графической части курсовой работы может быть уменьшен).

Способ выполнения текстовых материалов - машинописный (основной) с применением выходных печатающих устройств ЭВМ. При этом рекомендуется, набирая текст в текстовом редакторе MS Word, использовать шрифт Times New Roman размером 14 пт (пунктов) с полуторным интервалом, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 1,25 см.

1.1 Оформление структурных элементов

Титульный лист является первой страницей расчетно-пояснительной записки. Выполняется на бланке установленной формы. На титульном листе рамки не выполняются, штамп основной надписи не приводят.

Задание на проектирование является главным руководством, на основании которого разрабатывается проект. Задание выполняется на бланке установленного образца, который выдается руководителем курсового проекта (работы). Задание на ДП утверждается заведующим кафедрой. При получении задания свою подпись на нем ставит студент.

Форма задания на курсовой проект (курсовую работу) приведены в [16].

Ведомость комплекта проектной документации (для курсовых проектов) является сводным перечнем всех материалов, разработанных при проектировании.

Реферат – это краткая характеристика выполненного проекта, предназначенная для предварительного ознакомления с проектом и отражающая основное содержание работы с точки зрения ее достоинств и достижения цели, поставленной в теме проекта.

Текст реферата пишется на стандартном листе, оформленном рамкой. Основную надпись на данном листе не помещают. Номер страницы не проставляют.

Заголовок «Реферат» пишется с прописной буквы и располагается на отдельной строке симметрично тексту. Объем реферата – не более одной страницы. Вначале указывают объем проектной документации: перечисляют общий объем текстовых материалов с выделением иллюстраций (эскизов, рисунков, таблиц и т. п.); указывают объем графической части проекта. Указывают количество использованных источников. Далее приводят ключевые слова. Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста расчетно-пояснительной записки, которые в наибольшей степени характеризуют содержание. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и записываются строчными буквами в строку через запятые после слов «Ключевые слова». Затем дают краткое содержание проекта (работы), отражающее цель работы, методы разработки, принятые решения, приводят итоговые результаты и основные показатели, указывают возможности внедрения основных результатов проекта.

Образец реферата приведен в [16].

Содержание предназначено для облегчения поиска необходимых материалов при чтении записки, а также для общего ознакомления с работой и представления об объемах всех разделов. Содержание начинает текстовую часть расчетно-пояснительной записки. Его размещают сразу после листа реферата с новой страницы и при необходимости продолжают на последующих листах. Слово «Содержание» пишут с прописной буквы посередине страницы. В содержании приводят порядковые номера и наименования разделов, подразделов и пунктов, имеющих наименование, а также приложения с их обозначениями и наименованиями. Указывается номер листа (страницы), на котором размещено начало материала (раздела, подраздела и т. п.). На первой странице содержания приводят основную надпись по форме, соответствующей основной надписи первого листа текстового материала. Пример оформления оглавления приведен в [16].

Введение характеризует современное содержание тех вопросов и проблем, которым посвящен курсовой проект (работа). Во введении нужно обосновать

необходимость проведения именно этой работы, показать ее место в кругу аналогичных работ, актуальность и новизну разрабатываемой темы, цель проекта и что ожидается получить в результате его выполнения.

Текст пояснительной записки. Содержание разделов расчетно-пояснительной записки определяется заданием на проектирование. Оформление расчетно-пояснительной записки осуществляется в соответствии с [16].

Заключение должно отражать результаты работы, выводы и предложения.

Список использованных источников. Составление списка использованных источников является завершением курсового проекта (работы), основой для которого служат записи всех просмотренных и изученных книг, статей из сборников и журналов и других материалов.

Как правило, используется алфавитный способ группировки материала в списках, когда источники группируют в алфавитном порядке записей. В начале списка размещаются по алфавиту книги, а затем – статьи из журналов и сборников. При этом иностранные источники размещают по алфавиту после перечня всех источников на языке выполняемой работы.

Библиографический указатель использованной при выполнении литературы дается на отдельной странице (страницах) под заголовком «Список использованных источников». Заголовок порядкового номера не имеет.

В список включают только те источники, на которые в тексте ПЗ имеется ссылка. Каждый источник, включенный в список, нумеруют арабскими цифрами с точкой и записывают с новой строки.

Примеры записи литературных источников приведены в [16].

Приложения. Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т. д.

Приложения оформляют как продолжение записки на последующих ее листах.

В тексте записки на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте записки.

1.2 Оформление листов пояснительной записки

Текстовые материалы ПЗ выполняются на листах белой машинописной бумаги, оформленных рамками в соответствии с рисунком 1.

Основная надпись на листах пояснительной записки выполняется в соответствии с рисунком 2.

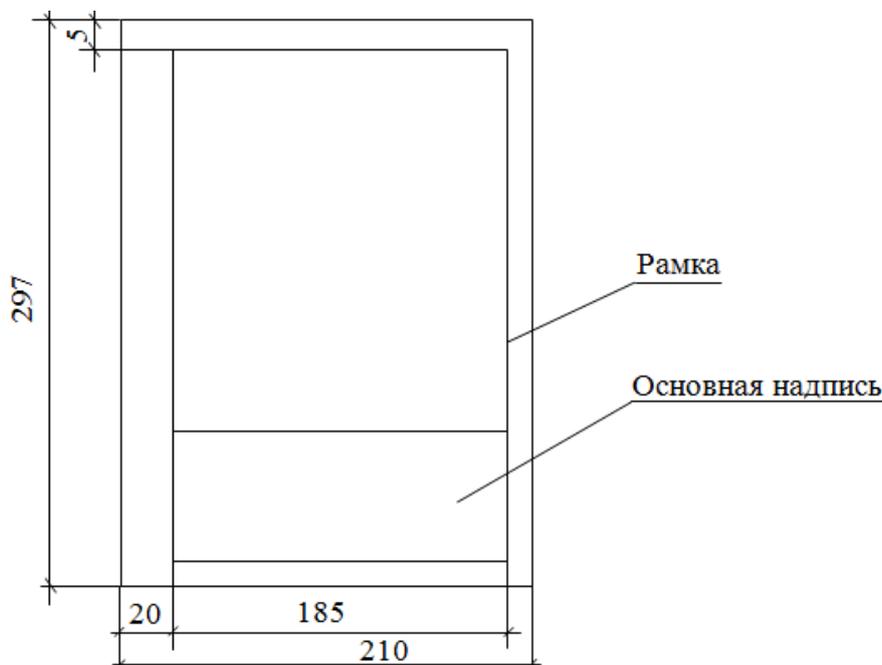


Рисунок 1 – Компонка и размеры листа текстовой части ПЗ

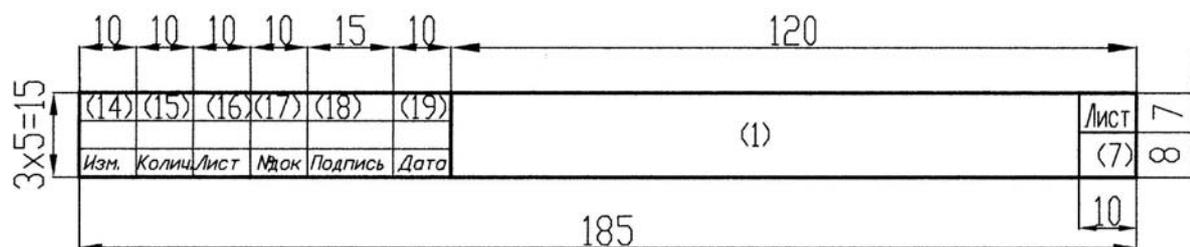


Рисунок 2 – Форма основной надписи для листов ПЗ

Листы записки и приложений имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Титульному листу, заданию на проектирование, реферату номера присваивают, но не проставляют. Номера страниц начинают проставлять с листа «Содержание».

Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы и т. п.), расположенные на отдельных листах записки, включают в общую нумерацию страниц. При этом лист, формат которого больше формата А4, учитывают как одну страницу.

1.3 Правила построения текстового материала

Текстовый материал ПЗ делят на разделы, подразделы, пункты.

Разделам присваивают порядковые номера, которые обозначают арабскими цифрами без точки и записывают с абзацного отступа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется.

Разделы и подразделы и при необходимости пункты должны иметь заголовки. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов, пунктов.

Переносы слов в заголовках не допускаются.

Заголовки подразделов (пунктов) не должны повторять содержание заголовков разделов (подразделов).

Заголовок записывается с прописной буквы. Точка в конце не ставится. Заголовки не подчеркиваются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Каждый раздел ПЗ следует начинать с новой страницы.

1.4 Формулы

В пояснительной записке математические формулы могут быть расположены внутри текста или отдельными строками. Внутри текста помещают несложные и не дробные формулы. Такие формулы, как правило, не нумеруют.

На отдельных строках приводят более сложные формулы, которые обычно сопровождаются пояснениями примененных символов. При этом выше и ниже формулы необходимо оставлять по одной свободной от записи строке.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Если формула не уместится в одну строку, то делается перенос. Переносить формулу на следующую строку допускается только на знаках выполнения операций: плюс (+), минус (−), умножение (×) или на знаках равенства (=), неравенства (\neq), знаках соотношений и т. п.

Все формулы, помещенные в тексте ПЗ, нумеруют арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа от нее в круглых скобках.

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и номера формулы, разделенных точкой, например: (3.1).

Пример. Номинальный ток асинхронного электродвигателя I_n , А, определяется по формуле

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}} \cos \varphi_{\text{н}} \eta_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{н}}$ – номинальная мощность, кВт;
 $U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение, кВ;
 $\cos \varphi_{\text{н}}$ – коэффициент мощности, о. е.;
 $\eta_{\text{н}}$ – КПД электродвигателя, о. е.

1.5 Таблицы

Название таблицы должно отражать содержание таблицы, быть точным, кратким. Название следует размещать над таблицей после слова «Таблица».

При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте. При ссылке необходимо писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк в таблице следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

1.6 Оформление проектной документации

Проектной документации присваивают обозначение, состоящее из базового цифрового обозначения, и через дефис – буквенного обозначения (см. структуру обозначения). Структура базового обозначения при курсовом проектировании:

$$X_1X_2.X_3X_4.X_5X_6X_7.X_8X_9-X_{10}X_{11}X_{12},$$

где X_1X_2 – индекс работы: 02 – курсовой проект, 03 – курсовая работа;
 X_3X_4 – индекс кафедры;

$X_5X_6X_7$ – номер варианта по заданию;

X_8X_9 – год разработки (две последние цифры года);

$X_{10}X_{11}X_{12}$ – для текстовых материалов – ПЗ, для графических материалов – марка разрабатываемого чертежа.

Примечание. Индексы кафедр: АСУП – 49; ЭСХП – 43; электроснабжения сельскохозяйственного производства – 53; электротехнологии – 68; энергетики – 58; ППС – 24; электротехники – 45.

Основные надписи. Применение тех или иных форм основных надписей определяется назначением чертежа и материалом, помещенным на разрабатываемом чертеже:

форма рисунка 3 – для чертежей генпланов с инженерными сетями, планов зданий и сооружений с размещением оборудования, чертежей, схем электрических, технологических и т. п.;

форма рисунка 4 – для первого листа ПЗ, с которого начинается изложение текстовой части.

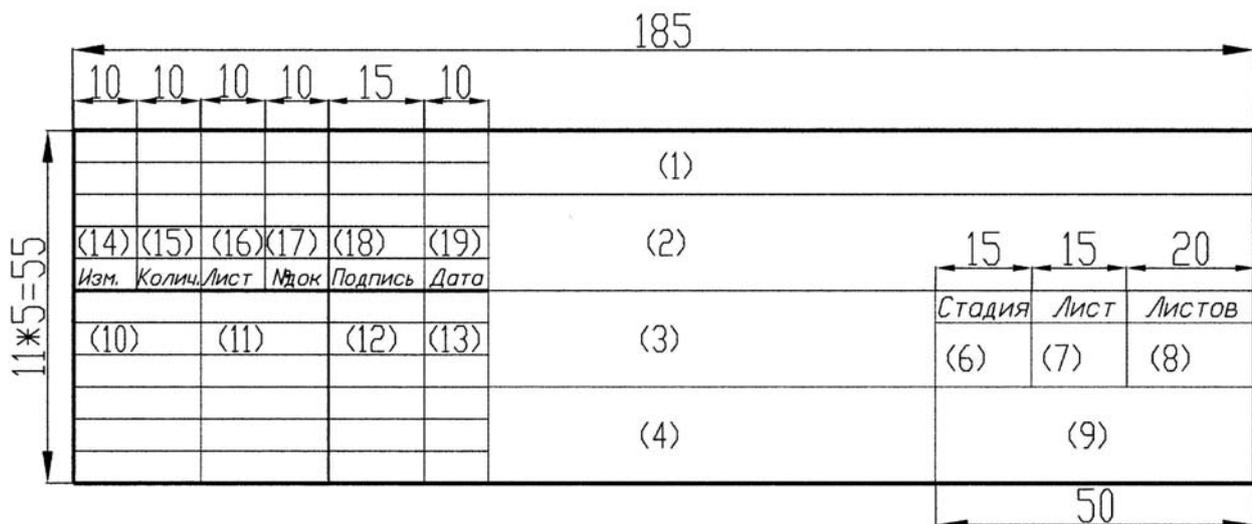


Рисунок 3 – Форма основной надписи, которая применяется для листов графической части и листа ведомости комплекта проектной документации

Указания о заполнении основной надписи. В графах основной надписи (на рисунках 2, 3, 4 номера граф показаны в скобках) указывают:

- а) в графе 1 – обозначение проектной документации – маркировка документа:
 - базовое обозначение;
 - добавляемая через дефис марка разрабатываемых чертежей;
- б) в графе 2 – тему курсового проекта (работы);

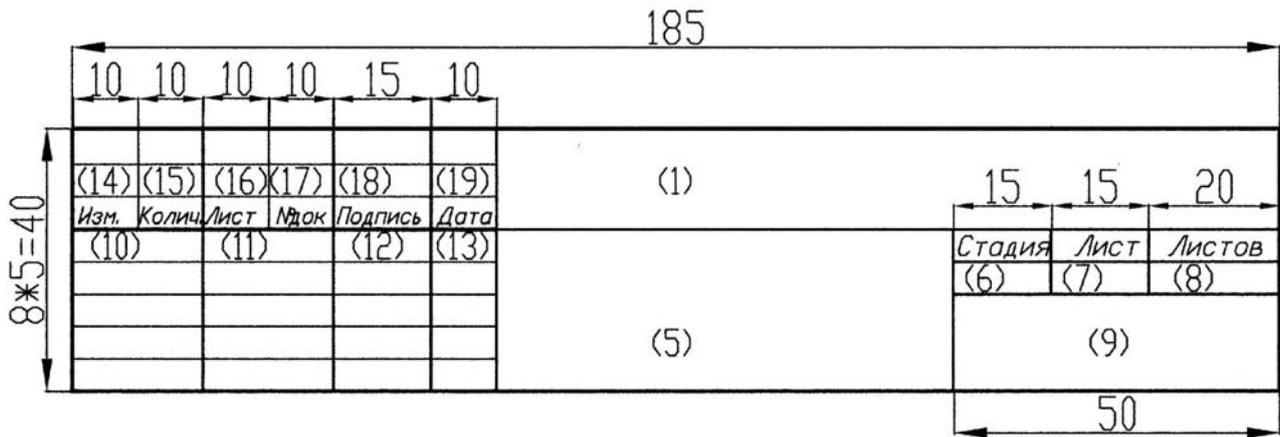


Рисунок 4 – Форма основной надписи, которая применяется для листа ПЗ, с которой начинается изложение текстовой части записки (обычно лист «Содержание»)

в) в графе 3 – наименование здания (сооружения). Для чертежа генерального плана в графе 3 записывают наименование соответствующего раздела, например «электроснабжение», «теплоснабжение» или «диспетчеризация», «диспетчерское управление»;

г) в графе 4 – наименование изображения или материала, помещенного на данном листе, т. е. название чертежа, листа. Если на листе приведены несколько материалов (например, план здания, разрез II–II, экспликация, перечень элементов, сечение «А–А» и т. п.), то в название чертежа включают основные материалы, второстепенные — опускают;

д) в графе 5 – наименование документа аналогично графе 4 (обычно – «Пояснительная записка»);

е) в графе 6 – условное обозначение стадии проектирования: «С» (строительный проект);

ж) в графе 7 – порядковый номер листа. На документе, состоящем из одного листа, графу не заполняют;

з) в графе 8 – общее число листов документа;

и) в графе 9 – на первой строке записывают наименование организации, разработавшей документ (БГАТУ), на второй строке – шифр зачетки студента;

к) в графе 10 – характер работы: «разработал» (студент); в следующей строке – «руководитель», далее – «консультант», «нормоконтролер», «зав. кафедрой»;

л) в графе 11 – фамилии студента, руководителя, консультанта(ов), нормоконтролера, зав. кафедрой в соответствующих строках;

м) в графе 12 – подписи;

н) в графе 13 – даты.

Графы 14–19 в дипломных и курсовых проектах не заполняются.

Правила оформления пояснительной записки и графической части курсовой работы выполняются в соответствии с требованиями стандарта университета СПб БГАТУ 01.11-2014.

Исходные данные к выполнению курсовой работы принимаются по приложению А в зависимости от последней и предпоследней цифр номера зачетной книжки. После оформления задания оно представляется руководителю на подпись.

При выполнении всех расчетов в обязательном порядке приводится теоретическая часть каждого раздела. Полученные расчетные данные анализируются с краткими выводами. В обязательном порядке указываются все размерности полученных данных в системе СИ.

При выполнении курсовой работы приводится общая характеристика схемы солнечного теплоснабжения с расчетом солнечных коллекторов и подбором оборудования.

В состав курсовой работы также могут быть включены: расчет системы теплоснабжения, расчет и выбор электрооборудования, разработка системы автоматического управления и контроля, конструирование топочного агрегата и др.

1.7 Тематика курсовой работы

Тематика курсовой работы: «Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения» (в социальной сфере). Основными объектами являются: жилые дома (различной этажности), общежития, учебные заведения, библиотеки (как отдельные здания), больницы и поликлиники, административные здания (без технического производства), магазины, включая торговые центры. Для агропромышленного комплекса наиболее актуальным на сегодняшний день является «Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения» одноэтажных агрогородков и небольших по численности детских садов. Исходные данные выбираются по таблице 1 (см. раздел 2).

2 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

После выбора исходных данных необходимо учесть следующие дополнительные рекомендации:

1. Климатические данные месторасположения проектируемого объекта включают в себя: среднюю широту в градусах; расчетную температуру наружного воздуха в отопительный период $t_{н.о.}$, °С; продолжительность отопительного периода n_o в сутках.

2. Под проектируемым объектом теплоснабжения подразумевается жилой дом; при этом исходными данными являются: количество этажей; жилая площадь, м²; количество проживающих человек.

Кроме того, необходимо принять, что горячей водой обеспечиваются ванны, мойки и умывальники. Расчетные температуры для системы горячего водоснабжения: горячей воды $t_T = 55$ °С; холодной воды $t_{хз} = 5$ °С (зимний период) и $t_{хл} = 15$ °С (летний период).

3. Ориентация для солнечных коллекторов: южное направление, юго-восточное и юго-западное.

4. Среднемесячные температуры наружного воздуха принять по таблице 2.

Таблица 1 – Задание на курсовую работу

Вариант	Объект	$t_{н.о.}$, °С	n_o , сут	Этажность	Площадь, м ²	Количество человек	Умывальник (У), ванна (В), душ (Д), мойка (М)	Ориентация коллектора
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	жилой дом	-24	194	1	120	6	У, В, М	Ю
2	детский сад	-21	190	2	72	30	У, Д, М	Ю
3	жилой дом	-23	191	1	56	4	У, В, М	ЮВ
4	жилой дом	-22	192	1	150	8	У, В, М	ЮВ
5	детский сад	-25	193	1	80	25	У, Д, М	ЮВ
6	жилой дом	-27	197	1	110	8	У, В, М	ЮЗ

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	жилой дом	-26	196	1	64	5	У, В, М	ЮЗ
8	детский сад	-22	190	2	100	40	У, Д, М	Ю
9	жилой дом	-20	189	1	68	5	У, В, М	ЮВ
10	жилой дом	-22	192	1	130	8	У, В, М	ЮВ
11	жилой дом	-23	191	1	72	4	У, В, М	ЮЗ
12	детский сад	-24	194	1	120	50	У, Д, М	Ю
13	жилой дом	-25	193	2	100	8	У, В, М	ЮЗ
14	жилой дом	-26	193	1	82	5	У, В, М	ЮВ
15	детский сад	-27	197	1	64	20	У, Д, М	Ю
16	жилой дом	-26	196	1	90	6	У, В, М	Ю
17	жилой дом	-25	193	2	110	7	У, В, М	ЮЗ
18	детский сад	-24	194	1	130	60	У, Д, М	ЮЗ
19	жилой дом	-23	191	1	64	3	У, В, М	ЮВ
20	жилой дом	-22	192	1	74	5	У, В, М	Ю
21	детский сад	-21	190	2	90	32	У, Д, М	ЮВ
22	жилой дом	-20	189	1	84	4	У, В, М	ЮЗ
23	жилой дом	-19	188	1	76	6	У, В, М	ЮВ
24	жилой дом	-27	197	1	86	5	У, В, М	ЮЗ
25	детский сад	-26	196	2	68	24	У, Д, М	ЮВ
26	жилой дом	-25	193	1	120	7	У, В, М	ЮЗ
27	жилой дом	-24	194	1	110	8	У, В, М	Ю
28	жилой дом	-23	191	1	100	6	У, В, М	ЮВ
29	детский сад	-22	192	2	86	28	У, Д, М	Ю
30	жилой дом	-20	189	1	92	5	У, В, М	Ю
31	жилой дом	-21	190	1	48	2	У, Д, М	ЮЗ
32	детский сад	-19	188	1	92	30	У, Д, М	Ю
33	жилой дом	-20	189	2	69	3	У, Д, М	ЮЗ
34	жилой дом	-21	190	1	78	4	У, В, М	ЮВ
35	жилой дом	-22	192	1	48	2	У, В, М	ЮВ
36	жилой дом	-23	191	1	110	4	У, В, М	ЮЗ

Таблица 2 – Средние температуры наружного воздуха

Вариант	Широта местности, φ, °С.Ш	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	53,0	-6,1	-5,4	-1,5	5,9	13,1	16,4	18,0	16,9	12,5	6,5	0,8	-3
2	52,2	-4,4	-3,6	-0,6	7,3	14,2	17,0	18,8	17,6	13,4	7,7	2,4	-2
3	52,2	-5,2	-4,3	-0,3	7,0	13,9	17,0	18,6	17,3	13,0	7,1	1,6	-2
4	55,3	-7,8	-7,3	-2,9	5,0	12,6	16,0	18,0	16,3	11,2	5,2	-0,4	-5
5	54,5	-7,8	-7,4	-2,9	4,9	12,5	16,1	18,0	16,4	11,4	5,2	-0,4	-5
6	55,5	-7,2	-6,9	-2,7	4,8	12,2	15,7	17,7	16,2	11,2	5,4	-0,1	-4
7	52,7	-6,6	-5,9	-1,3	6,5	13,8	16,9	18,8	17,3	12,4	6,5	0,9	-3
8	52,4	-6,9	-6,3	-1,8	6,3	13,7	16,9	18,8	17,4	12,5	6,4	0,6	-4
9	53,2	-4,9	-4,4	-0,4	6,6	13,3	16,6	18,2	16,9	12,6	7,0	1,8	-2
10	53,7	-5,1	-4,5	-0,6	6,3	13,0	16,2	18,0	16,8	12,6	7,0	1,6	-2
11	53,8	-5,7	-5,3	-1,4	5,9	12,7	16,0	17,6	16,5	12,0	6,4	1,1	-3
12	53,8	-6,9	-6,4	-2,2	5,3	12,7	16,0	17,8	16,2	11,6	5,6	0,	-4
13	53,2	-6,7	-6,1	-1,8	5,9	13,2	16,6	18,2	16,9	12,2	6,3	0,5	-4
14	54,3	-8,2	-7,9	-3,5	4,6	12,4	15,9	17,8	16,2	11,1	5,0	-1,7	-5
15	54,0	-7,5	-7,0	-2,5	5,4	12,9	16,4	18,2	16,6	11,6	5,3	0,2	-5
16	54,2	-6,9	-6,3	-1,9	5,6	12,9	16,4	18,2	16,6	11,7	5,6	0,1	-4
17	54,5	-6,5	-6,0	-1,8	5,4	12,7	15,9	17,8	16,2	11,6	6,0	0,4	-4
18	53,0	-6,3	-5,6	-1,4	6,0	13,0	16,1	18,0	16,6	12,1	6,3	0,8	-3
19	54,3	-5,4	-4,6	-1,03	7,2	14,78	17,0	19,7	18,18	14,17	6,8	3,9	-3
20	55,7	-5,4	-4,6	-1,03	7,8	14,78	17	19,6	18,8	14,17	6,8	3,9	-3
21	52,1	-5,4	-4,6	-1,03	7,6	14,7	16,4	18,1	16,6	11,4	5,3	-0,3	-4
22	52,5	-4,8	-4,1	-0,1	7,1	14,3	16,9	18,4	17,5	12,9	7,5	2,3	-2
23	52,8	-5,7	-5,6	-1,1	6,5	13,7	16,7	18,7	17,1	12,1	5,9	0,8	-3
24	52,4	-6,8	-6,2	-1,7	6,6	13,5	16,4	18,6	17,2	12,6	6,5	0,7	-4

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
25	52,5	-4,2	-3,7	-0,7	7,4	13,9	16,9	18,7	17,7	13,5	7,3	2,6	-2
26	52,2	-4,7	-3,9	-0,2	6,9	14,1	16,7	18,1	17,3	12,6	6,9	-0,4	-3
27	52,3	-6,3	-5,6	-1,4	6,1	12,9	16,2	17,9	16,6	12,2	6,4	0,8	-3
28	51,8	-6,3	-5,6	-1,3	6,2	12,8	16,5	17,4	15,8	13,1	6,5	0,9	-2
29	52,5	-6,9	-4,9	-1,5	7,6	13,6	16,7	17,8	16,3	11,9	7,5	2,9	-3
30	52,5	-6,5	-5,6	-1,1	6,8	13,9	17,2	18,1	17,9	12,1	6,9	3,1	-2
31	52,5	-5,1	-4,2	-0,6	7,1	12,1	17,3	18,7	17,5	13,1	5,8	2,3	-2
32	54,0	-4,4	-3,2	-0,7	7,8	14,2	17,0	18,3	15,9	12,6	7,4	2,6	-2
33	55,8	-5,4	-5,1	-0,9	6,9	13,4	15,3	19,0	18,4	13,1	7,1	2,3	-1
34	53,5	-4,8	-4,1	-0,1	7,1	14,9	16,9	18,1	17,1	12,3	6,3	-0,2	-3
35	53,5	-5,1	-4,6	-0,8	7,4	15,1	17,3	18,2	16,9	12,3	6,5	0,7	-1
36	54,2	-4,4	-3,9	-0,6	5,1	14,6	17,1	18,0	16,7	11,2	5,9	0,8	-2

3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА

В учебно-методическом пособии использованы следующие определения, связанные с энергетикой и возобновляемыми источниками энергии согласно законодательной базе Республики Беларусь [1–3]:

1. Агропромышленный комплекс (АПК) – крупнейший межотраслевой комплекс, объединяющий несколько отраслей экономики, направленных на производство и переработку сельскохозяйственного сырья и получения из него продукции, доводимой до конечного потребителя.

2. Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) – совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии.

3. Эффективное использование ТЭР – использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении Законодательства РБ.

4. Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии или в виде побочного продукта основного производства.

5. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (НВИЭ) – источники электрической и тепловой энергии, использующие энергетические ресурсы рек, водохранилищ и промышленных водостоков, энергию ветра, солнца, редуцируемого природного газа, биомассы (включая древесные отходы), сточных вод и твердых бытовых отходов.

6. Биоэнергетика – технологии использования возобновляемых органических ресурсов, так называемой «биомассы», для производства энергии, включая электроэнергию, энергию жидких, твердых и газообразных видов топлива, теплоты, химических веществ и других материалов.

7. Ветроэнергетика – отрасль энергетики, связанная с разработкой методов (средств) преобразования энергии ветра в электрическую энергию, отдаваемую в электрическую сеть.

8. Ветроэлектрическая станция (ВЭС) – электростанция, состоящая из двух и более ветроэлектрических установок (ВЭУ), предназначенная для преобразования энергии ветра в электрическую энергию и передачу ее потребителю. Иногда ветряные электростанции называют ветряными фермами.

9. Солнечная энергетика – направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Она является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования.

В связи с тем, что, начиная с 2007 года, передовые хозяйства АПК Республики Беларусь применяют солнечные коллекторы на фермах при содержании КРС на глубокой подстилке, курсовая работа посвящена разработке средств солнечной энергетики для систем горячего водоснабжения и теплоснабжения комплексов.

Солнечная энергия генерируется солнцем: это теплота, излучение и природные циклы (ветер, поток воды и рост растений, движущей силой которых является энергия солнца). Полный поток энергии, излучаемой Солнцем, составляет $3,9 \cdot 10^{26}$ Дж/с. Солнечное излучение – это электромагнитная энергия, испускаемая солнцем.

Солнечная энергия, достигающая поверхности Земли, рассеивается различными способами (рисунок 5) Энергия солнца чистая, легко используемая, дешевая, поступает постоянно в изобилии, не оказывает негативного воздействия на окружающую среду, и может быть использована в качестве децентрализованного источника энергии.

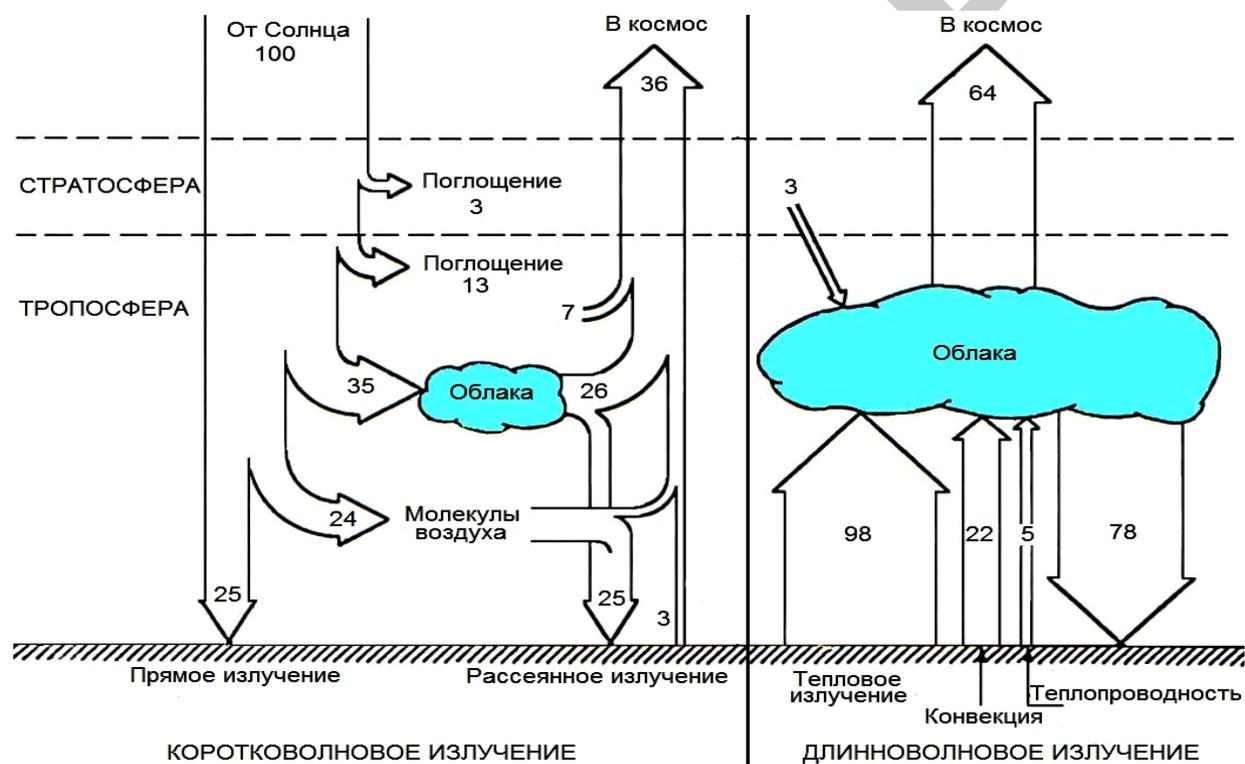


Рисунок 5 – Тепловой баланс системы «Земля – атмосфера – космос»

Основные достоинства использования солнечной энергии:

- перспектива использования бесплатной тепловой энергии солнца;
- бесшумность работы электростанций и установок, работающих на солнечных батареях;
- отсутствие газовых выбросов, и как следствие, защита экологии окружающей среды;

- полная автономность в работе и независимость от внешних источников энергии;
- возможность собственного изготовления солнечных батарей и коллекторов из подручных средств и использование их в качестве основного или дополнительного источника энергоснабжения;
- длительный срок эксплуатации солнечных установок, который составляет более 30 лет;
- отсутствие постоянных перепадов напряжения, от которого может пострадать чувствительная электроника оборудования;
- менее технологичный и трудоемкий процесс монтажа по сравнению с некоторыми традиционными способами энергоснабжения;
- нет необходимости постоянно подавать внешнее топливо, а самообслуживающийся режим работы солнечных установок позволит вообще забыть об их существовании;
- высокое качество и надежность в работе солнечных батарей даст возможность потребителю долгие годы пользоваться экологически чистой и бесплатной электроэнергией.

Но интенсивность солнечного излучения, поступающего на поверхность Земли, зависит от степени атмосферного поглощения, широтного расположения местности, склонения Солнца и облачности. Даже в ясный день около 13 % проходящего солнечного излучения поглощается пылью, водяным паром и прочими мельчайшими частицами, взвешенными в воздухе. Все это является существенным недостатком использования солнечной энергии.

Разработаны различные технологии использования энергии солнца. От небольших блоков питания для индивидуальных домовых систем до крупномасштабных систем, концентрирующих солнечную энергию. Эти солнечные системы объединяет то, что они позволяют нам диверсифицировать источники энергии, повысить эффективность и, в конечном счете, удовлетворить наши потребности в энергии экологически чистым и рациональным способом.

В зависимости от способа использования, солнечная энергия относится к одной из двух категорий: активная или пассивная. В системах преобразования активной солнечной энергии используется солнечный коллектор (рисунок 6).

В свою очередь активная солнечная энергия подразделяется на две категории: тепловую и фотогальваническую солнечные энергии. Тепловая солнечная энергия применяется в системах нагрева, например: нагрев воды и воздуха, тепловая обработка пищевых продуктов и сушка, дистилляция и производство пара. Технологии, использующие тепловую солнечную энергию, применяются при создании



Рисунок 6 – Вакуумный солнечный коллектор (гелиоколлектор)

солнечных водонагревателей, концентраторов, плит и опреснителей. Фотогальваническая солнечная энергия используется для генерации электричества, используя кремниевые элементы для преобразования солнечной энергии в электрическую, которую можно использовать непосредственно или путем накопления в аккумуляторной системе.

Принцип действия солнечных элементов большинства распространенных типов основан на фотогальваническом эффекте. Суть этого эффекта в появлении разности потенциалов (или напряжения) между двумя слоями полупроводникового материала при падении света на этот двухслойный материал.

Солнечные модули (рисунок 7), как правило, изготавливаются из кремния, который обработан таким образом, чтобы при падении света в нем появлялись свободные электроны, создающие электрический ток. В настоящее время это практически единственный материал, используемый для массового производства солнечных фотоэлементов. Кроме него, для производства высокоэффективных солнечных фотоэлементов используется арсенид галлия (GaAs). КПД таких элементов доходит до 25–28 % при концентрированной солнечной радиации. Специальные типы фотоэлементов, используемые в космических аппаратах, имеют КПД величиной более 30 %.

Термин пассивная солнечная энергия используется, когда архитектурное проектирование, природные материалы или поглощающие структуры самого здания используются в качестве энергосберегающей системы. Само здание служит солнечным коллектором и аккумулятором солнечной энергии, что позволяет проектировщику уменьшить потребность в решениях для подвода внешней энергии: освещения, обогрева и охлаждения, подачи воды.



Рисунок 7 – Общий вид солнечных фотоэлектрических панелей

Задача пассивного солнечного дизайна - создать такие архитектурно-строительные системы, которые улавливают солнечное тепло, направляют его вглубь помещения, аккумулируют и отдают в нужное время, значительно сокращая расходы на отопление. Существуют различные приемы пассивного использования солнечной энергии для отопления зданий. Наиболее распространенными из них можно считать устройство световой прозрачной теплоизоляции и встроенных или пристроенных теплиц и зимних садов. Эффективным является комбинированное использование нескольких систем. Можно выделить 8 принципов солнечного дизайна таких построек:

Принцип 1. Дом размещают так, чтобы стена и кровля были ориентированы на юг с отклонением не более 10–20°. Принимают в расчет особенности ландшафта: деревья, постройки, особенности рельефа, которые могут защитить дом от суровой погоды или ветра зимой или укрыть его от слишком яркого солнца летом.

Принцип 2. При разработке дизайна учитывают годичный цикл. Перед строительством нужно побывать на месте будущего дома несколько раз в течение года, изучить положение солнца, направление и силу ветров.

Принцип 3. Используют надежную тепло- и гидроизоляцию. Вход оборудуют по принципу тамбура с двумя дверями.

Принцип 4. Окна используют в качестве солнечных коллекторов и приспособлений для охлаждения. Вертикальное, ориентированное к югу остекление особенно эффективно для сбора солнечного тепла зимой. Используют шторы или жалюзи из теплоизолирующего материала, чтобы свести к минимуму ночные тепловые потери в течение зимы и не допускать чрезмерного нагревания весной, летом и осенью.

Принцип 5. Нужно учитывать то, что при чрезмерном остеклении дом будет перегреваться.

Принцип 6. Необходимо правильно рассчитать дополнительную систему обогрева.

Принцип 7. Воздухообмен должен происходить через специальные отверстия во внешних стенах с вмонтированными вентиляторами в кухне и ванной, а не через щели в плохо изолированных дверях и окнах.

Принцип 8. Хорошая организация воздушных потоков в здании является основой распространения полученной теплоты по помещениям за счет естественной конвекции.

Для условий Беларуси в прогнозируемом периоде (до 2020 г.) составляющая производства электроэнергии с помощью солнечной энергии будет практически не ощутима. Основными направлениями использования энергии солнца будут солнечные водоподогреватели и различные гелиоустановки для интенсификации процессов сушки и подогрева воды в сельскохозяйственном производстве. Кроме того, активная и пассивная солнечная энергия имеет все предпосылки использования при проектировании агрогородков и отдаленных небольших объектов в сельском хозяйстве.

Используя энергию солнца, гелиосистемы позволяют ежегодно экономить традиционное топливо:

до 75 % – для горячего водоснабжения (ГВС) при круглогодичном использовании;

до 95 % – для ГВС при сезонном использовании;

до 50 % – в целях отопления;

до 80 % – в целях дежурного отопления.

Следует учитывать, что каждая система индивидуальна, и процент экономии энергоресурсов при использовании гелиосистемы необходимо рассчитывать.

Прямая солнечная радиация – солнечная радиация, поступающая на поверхность в виде пучка параллельных лучей, исходящих непосредственно от солнечного диска.

Рассеянная солнечная радиация – солнечная радиация, поступающая на поверхность от небосвода после рассеяния в атмосфере.

Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность – солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность в виде прямой и рассеянной радиации.

Суммарная солнечная радиация на вертикальные поверхности – солнечная радиация, поступающая на вертикальные поверхности в виде прямой, рассеянной и отраженной от горизонтальной поверхности радиации.

Системы солнечного теплоснабжения (ССТ) – системы, предназначенные для преобразования солнечной энергии в тепловую в целях ее дальнейшего использования для нужд систем ГВС и отопления.

Солнечный коллектор (СК) – устройство для поглощения солнечной радиации и преобразования ее в тепловую энергию. Является обязательным элементом любой гелиосистемы.

Бак-аккумулятор (БА) – емкость, предназначенная для тепловой энергии, отведенной от контура солнечных коллекторов.

Станция подключения (СП) – насосно-смесительная группа, предназначенная для гидравлического подключения контура солнечных коллекторов и системы теплоснабжения бака-аккумулятора.

Коэффициент замещения тепловой нагрузки объекта гелиосистемой – доля солнечной энергии, которая может покрыть тепловую нагрузку объекта за некоторый рассматриваемый период времени, чаще всего сезон или год.

Полезная теплопроизводительность гелиосистемы – количество тепловой энергии, отведенное от ССТ за рассматриваемый период времени (обычно сезон или год), с учетом тепловых потерь.

Удельная теплопроизводительность гелиосистемы – полезная производительность ССТ, отнесенная к одному квадратному метру площади солнечного коллектора (коллекторного поля).

В зависимости от предполагаемого использования и с учетом выбора того или иного технического решения системы солнечного теплоснабжения можно классифицировать следующим образом:

- по назначению (системы горячего водоснабжения, системы отопления и комбинированные системы);
- по техническому решению (круглогодичные и сезонные системы);
- по устройству (одноконтурные, двухконтурные и многоконтурные системы);
- по типу (открытые (не застекленные), плоские и вакуумные системы).

Конструкторский тепловой расчет, целью которого является определение площади поверхности теплообмена, обеспечивающей передачу заданного количества теплоты от одного теплоносителя к другому. Для выявления возможности использования имеющихся аппаратов в тех или иных целях производят поверочный тепловой расчет, определяя конечные температуры теплоносителей t_r и t_x и количество переданной теплоты.

Конструкторский расчет проводится, когда по технологическим требованиям необходимо разработать новый вариант аппарата, еще не выпускаемого промышленностью. При этом должны быть указаны его тепловая нагрузка, расходы

и параметры теплоносителей, механические, теплофизические и коррозионностойкие свойства материалов, а также другие сведения, необходимые для проектирования аппарата. Конструкторский расчет включает тепловой, гидравлический, механический и другие расчеты, определяющие геометрические размеры аппарата и его технико-экономические показатели.

Коэффициент поглощения – безразмерная физическая величина, характеризующая способность тела поглощать падающее на него излучение. В качестве буквенного обозначения используется греческая α (альфа).

Все принципы конструирования солнечных коллекторов сводятся к обеспечению максимального поглощения солнечной энергии и максимальному снижению тепловых потерь.

Открытые солнечные коллекторы представляют собой одну лишь поглощающую панель (без корпуса), которая обычно изготавливается из пластика или резины, стойкой к ультрафиолетовому излучению, и закрепляется непосредственно на крыше. Преимущества таких систем: возможный самый высокий КПД системы, простота, надежность, легкий монтаж, малый вес. К недостаткам систем можно отнести: значительное снижение КПД с увеличением разницы температур, большая зависимость от погодных факторов (облачности, ветра и т. д.), ограниченное применение (используется только для бассейнов), большая чувствительность к минусовым температурам, малый эффективный срок эксплуатации.

Плоские гелиоколлекторы (рисунок 8) имеют конструкцию, главным элементом в которой является абсорбер, поглощающий солнечное излучение. Сверху коллектор имеет прозрачное покрытие (обычно стекло).

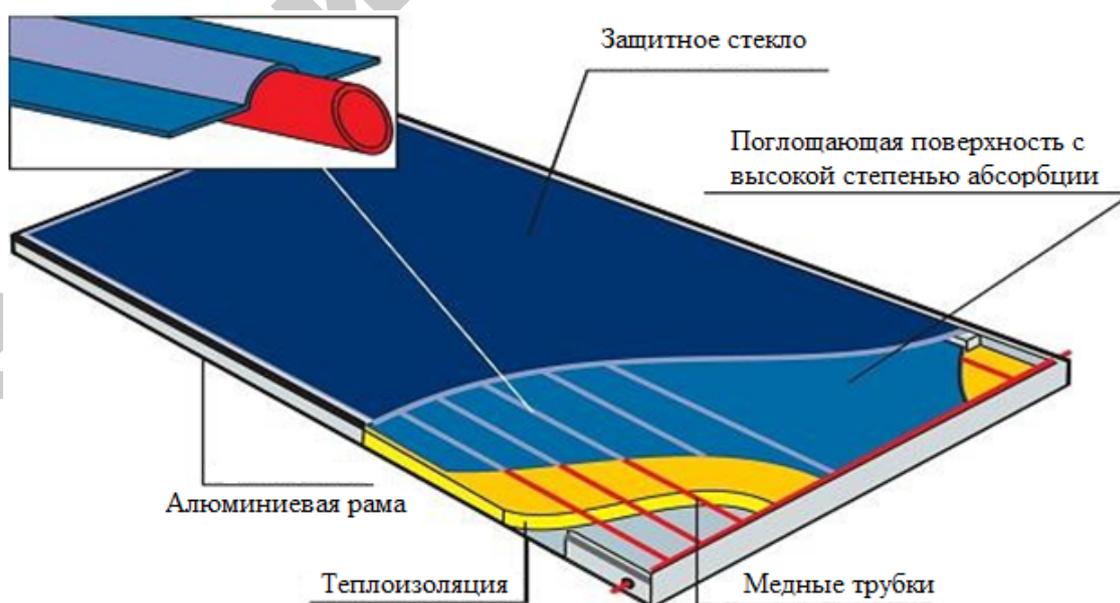


Рисунок 8 – Принципиальная схема коллектора со специальным покрытием

Для повышения эффективности коллектора, используют специальное оптическое покрытие из закаленного стекла с пониженным содержанием металлов, имеющее коэффициент пропускания до 95 %. Нагреваясь, покрытие излучает тепловую энергию, основная мощность которого находится в инфракрасном диапазоне (данный спектр излучения практически не пропускается стеклом). Таким образом, достигается аккумуляция солнечной энергии внутри коллектора. Передача теплоты к теплоносителю осуществляется при помощи конструктивных элементов, выполненных, как правило, из алюминия или меди. Отвод теплоты осуществляется теплоносителем – водой или раствором незамерзающей жидкости.

Преимущества таких систем состоят в способности очищаться от снега и инея, высокой производительности летом, возможности установки под любым углом.

К недостаткам систем можно отнести высокие тепловые потери, низкую работоспособность в холодное время года, сложность монтажа, связанную с необходимостью доставки на крышу собранного коллектора, высокую парусность при установке на подставке. Кроме того, в системах с плоскими коллекторами существует проблема размножения бактерий и других микроорганизмов, которой нет в системах с вакуумными коллекторами.

Основной частью вакуумного коллектора является тепловая трубка. Такие коллекторы представляют собой ряд стеклянных трубок специальной конструкции. Трубка гелиоколлектора - это на самом деле две трубки (одна вложенная в другую), между которыми находится вакуум для наилучшей термоизоляции теплоносителя от внешней среды. Одна из самых простых, распространенных и недорогих вакуумных трубок для солнечных водонагревательных установок представлена на рисунке 9.

Способ передачи теплоты от нее теплопроводу вакуумного солнечного коллектора: труба внутри пустая и содержит неорганическую нетоксичную жидкость. При нагревании эта жидкость испаряется, а поскольку в трубке создан вакуум, то это происходит даже при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пар поднимается к наконечнику тепловой трубки, где отдает теплоту теплоносителю (антифризу), который течет по теплопроводу гелиоколлектора. Потом он конденсируется и стекает вниз, и процесс повторяется снова. Для поддержания вакуума между двумя стеклянными трубками используется бариевый газопоглотитель. При производстве газопоглотитель подвергается воздействию высоких температур, вследствие чего нижний конец вакуумной трубки покрывается слоем чистого бария. Этот слой бария поглощает CO , CO_2 , N_2 , O_2 , H_2O и H_2 , которые выделяются из трубы в процессе хранения и эксплуатации, поддерживая, таким образом, состояние вакуума. Слой бария также является четким визуальным

индикатором состояния вакуума. Когда вакуум исчезает, барьерный слой меняет свой цвет (серебряный становится белым, рисунок 10). Это дает возможность легко определить, исправна ли труба.

Такие трубки используются в системах с открытым контуром или с низким давлением. В системах, где теплоносителем является вода, рекомендовано применение указанных трубок при продолжительных температурах не ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

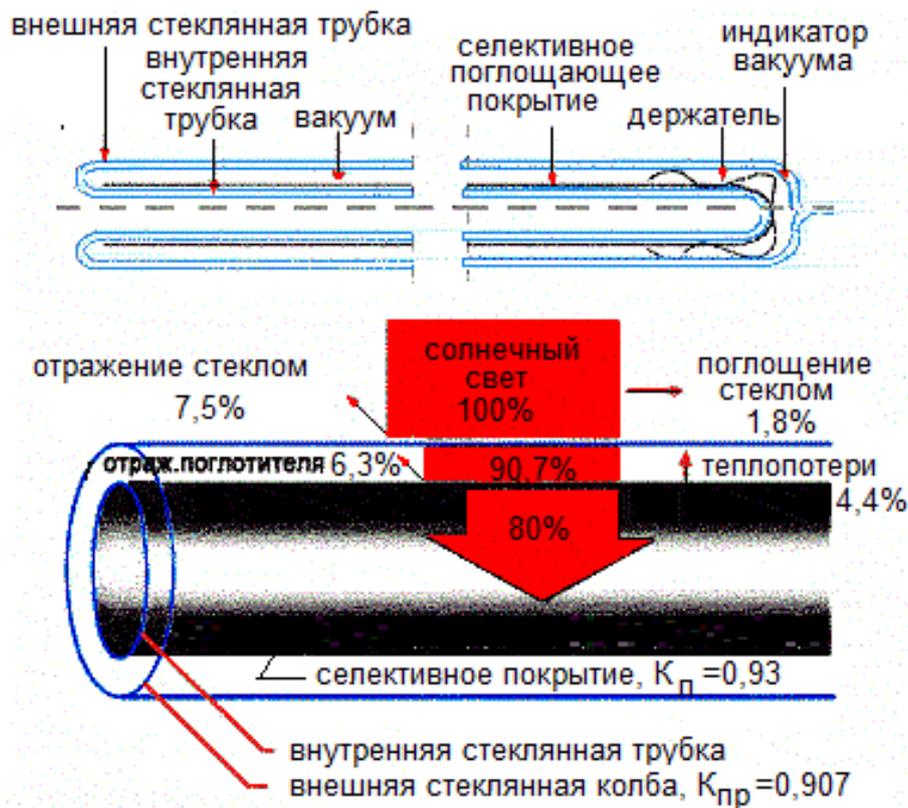


Рисунок 9 – Устройство простейшей вакуумной трубки для солнечного коллектора



Рисунок 10 – Определение исправности вакуумной трубки для солнечного коллектора:
трубка слева исправна, трубка справа – нет

Эти трубки имеют ряд модификаций и являются изобретением китайских производителей. Основные характеристики солнечных коллекторов китайских фирм представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики коллекторов

Параметр	Значение
Длина трубок, мм	1500 (1800)
Внешний диаметр трубок, мм	47 (58)
Максимальная температура, °С	250
Материал трубки	Боросиликатное стекло (3.3)
Время эксплуатации коллектора, лет	15

Более совершенным устройством солнечного коллектора является вакуумная трубка с медными каналами, которая разработана на основании выше описанной трубки для закрытых активных систем. Внутри введена контактная пластина и медная трубка. Характеристики аналогичны (см. таблицу 3).

Современные солнечные коллекторы улучшенных характеристик представляют устройства в виде вакуумных трубок с тепловым стержнем (тепловой трубкой). Такие устройства (рисунки 11 и 12) состоят из трубки, внутрь которой введена контактная пластина и теплопроводный стержень - тепловая трубка. Данная трубка устойчива к замораживанию и работоспособна без повреждений до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Внутри стержня находится небольшое количество антифриза при малом давлении, поэтому испарение жидкости начинается при достижении температуры внутри трубки $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это более продвинутый тип трубки, который может работать при низких температурах и давлении водопровода.

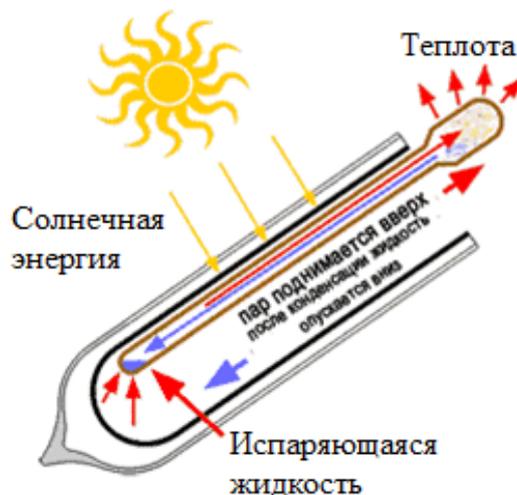


Рисунок 11 – Вакуумная трубка с тепловым стержнем (тепловая трубка)

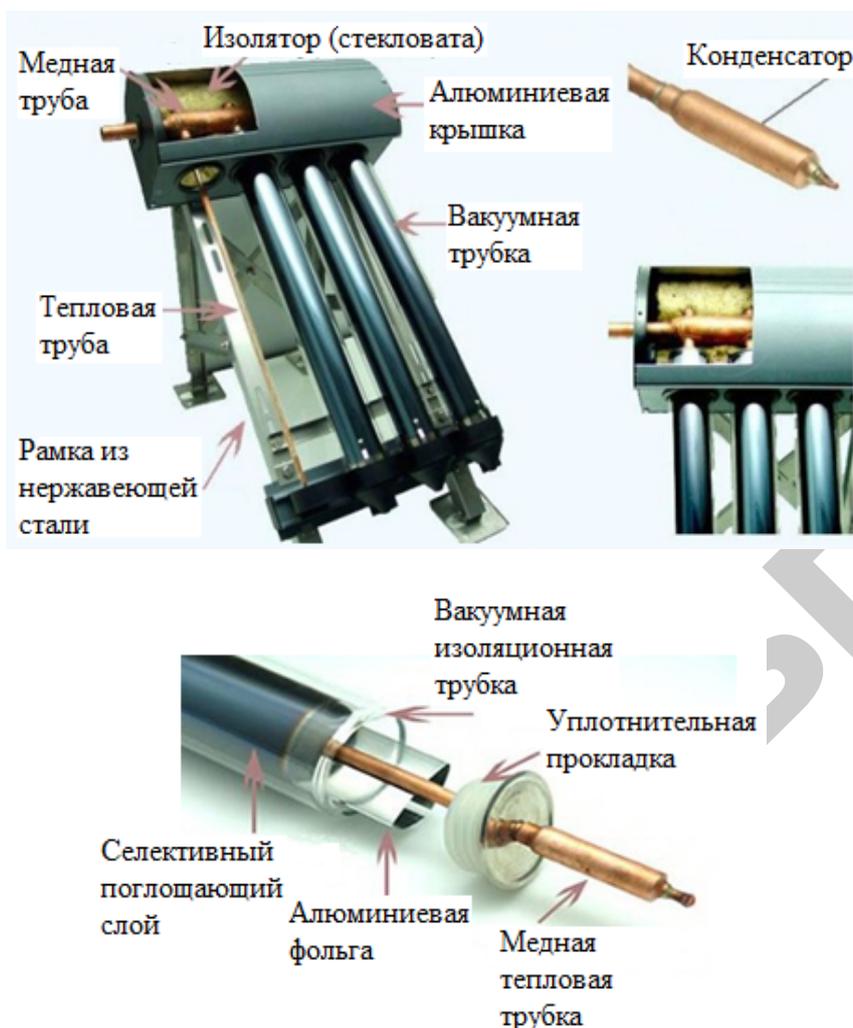


Рисунок 12 – Общий вид элементов вакуумных солнечных коллекторов

К достоинствам элементов вакуумных солнечных коллекторов можно отнести высокую эффективность в течение всего года, максимально возможный КПД в зимний период и универсальность. Недостатки элементов заключаются в низком КПД, низкой надежности, механической незащищенности (высокой подверженности градобитию), постепенном исчезновении вакуума в некоторых из трубок, неэффективной работе в районах с низкими температурами (образование инея, выпадение снега на поверхности), большой массе и габаритных размерах при той же площади поглощающего элемента.

Кроме того, в качестве недостатков необходимо отметить малый эффективный срок эксплуатации (периодически необходимо заменять отдельные трубки) и то, что из-за потери вакуума в некоторых трубках, эти коллекторы могут работать хуже плоских солнечных коллекторов.

При неиспользовании такого гелиоколлектора в летнее время для предотвращения вскипания жидкости необходимо накрывать оборудование чехлом.

В солнечные летние дни разница в работе хороших плоских и вакуумных солнечных коллекторов практически незаметна. Однако при низкой температуре окружающей среды преимущества вакуумных коллекторов становятся очевидны. Также, даже в летнее время есть разница между максимальными температурами нагрева воды в коллекторах. Если для плоских коллекторов максимальная температура не превышает 80–90°C, то в вакуумных коллекторах температура теплоносителя может превышать 100°C. Это требует постоянного отвода теплоты от вакуумного коллектора, чтобы он не закипел. Обычно системы с плоскими коллекторами используют сезонно, с весны по осень. В зимнее время производительность систем с плоскими солнечными коллекторами падает за счет тепловых потерь в окружающую среду. Солнечный вакуумный коллектор обеспечивает сбор солнечного излучения в любую погоду, практически вне зависимости от внешней температуры. Коэффициент поглощения энергии таких коллекторов составляет 98 %. Изоляция в виде вакуума позволяет избежать потерь теплоты. Эффективность различных коллекторов приведена на рисунке 13.

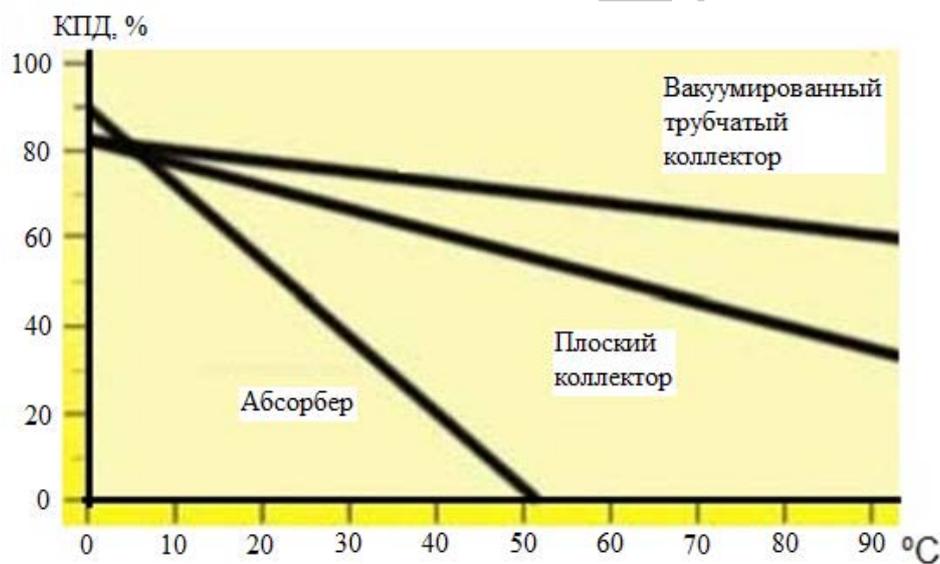


Рисунок 13 – Зависимость КПД солнечных коллекторов различных типов от разности температур внутри трубок коллектора (теплоносителя) и окружающей среды

Часто возникает вопрос, насколько реально отапливать дом за счет энергии солнца. К сожалению, в Республике Беларусь о значительной доле солнечного отопления в тепловом балансе говорить не приходится. Однако солнечная отопительная установка на основе вакуумных солнечных коллекторов может с успехом справляться с задачей поддержания минимальной заданной температуры дома весной и осенью.

Обычно рекомендуют рассчитывать систему солнечного теплоснабжения в расчете на горячее водоснабжение (ГВС). При этом можно в два раза увеличить количество коллекторов для того, чтобы гарантированно обеспечить ГВС в весенне-осенний период и иметь заметную добавку к генерации теплоты в зимний период. Если увеличить количество коллекторов в 3–5 раз, то можно ощутить добавку солнечной теплоты в отопительный баланс в межсезонье.

Расчеты системы солнечного теплоснабжения выполняют специализированные организации, но в первом приближении можно выполнить их самостоятельно с использованием номограммы (рисунок 14). Это приблизительный расчет.

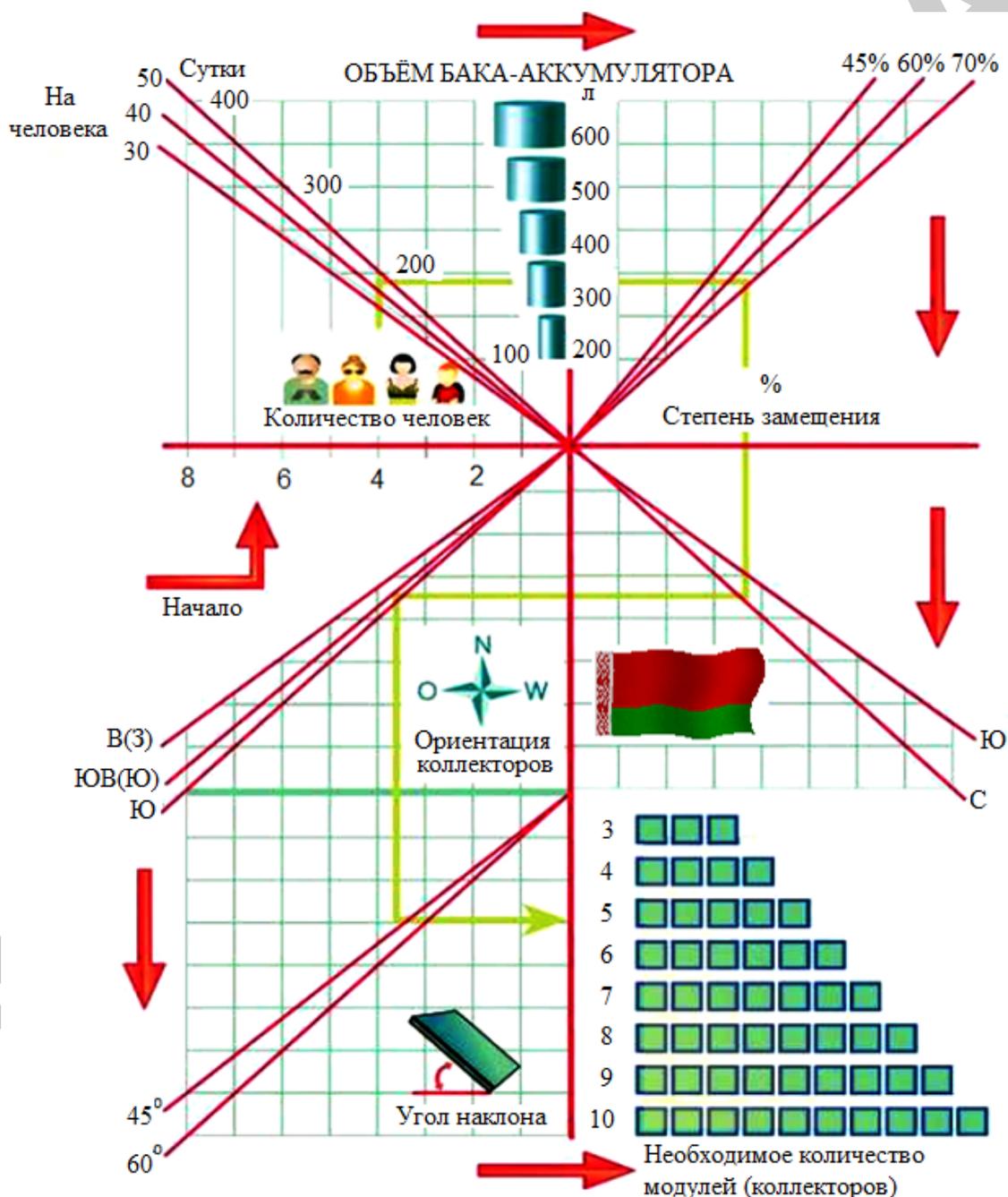


Рисунок 14 – Номограмма для приблизительного расчета солнечных коллекторов для системы горячего водоснабжения индивидуального дома (до 8 чел.)

Солнечные коллекторы нужно ориентировать по возможности строго на юг. Однако, без существенного падения производительности, можно отклониться от южного направления на 30° . Для фотоэлектрических панелей можно без существенного ухудшения отклоняться до 45° . Превышение этих рекомендуемых цифр сильно ухудшит эффективность системы солнечного тепло- или электро-снабжения.

Располагать солнечные коллекторы и солнечные батареи для круглогодичного использования обычно рекомендуют под углом к горизонту, примерно равным широте местности. Если система эксплуатируется в основном летом, то нужно уменьшить этот угол на 15° , если в основном зимой - увеличить на 15° .

Если широта местности больше 60° , то коллектор можно вообще устанавливать вертикально (таким образом, решается также проблема со снегом – на вертикальных поверхностях он обычно не задерживается). Если вакуумный коллектор установлен под углом менее 80° , то нужно, чтобы под коллектором было свободное пространство для падающего с него снега.

Обычно коллекторы (как плоские, так и вакуумные) и солнечные батареи, установленные прямо на крышах, в наших условиях на большую часть зимы оказываются занесенными снегом и льдом, поэтому фактически не работают. Если важно обеспечить работу системы солнечного энергоснабжения зимой, рекомендуется устанавливать их или вертикально, или под углом около 60° , но с обеспечением свободного пространства под коллекторами, куда с коллекторов может падать снег и лед.

Системы солнечного горячего водоснабжения с пассивной циркуляцией теплоносителя (рисунок 15) наиболее часто используются на практике строительства индивидуальных домов. Такие системы выполняются одноконтурными и двухконтурными.

Работа одноконтурной термосифонной системы для прямого нагрева воды (рисунок 15, а) осуществляется следующим образом. Солнечное излучение, проходя через прозрачное покрытие (остекление) коллектора нагревает его поглощающую панель и воду в ее каналах.

При нагреве плотность воды уменьшается, и нагретая жидкость начинает перемещаться в верхнюю точку коллектора и далее по трубопроводу – в бак-аккумулятор. В баке нагретая вода перемещается в верхнюю точку, а более холодная вода размещается в нижней части бака, т. е. наблюдается расслоение воды в зависимости от температуры. Более холодная вода из нижней части бака по трубопроводу поступает в нижнюю часть коллектора. Таким образом, при наличии достаточной солнечной радиации, в коллекторном контуре устанавливается постоянная циркуляция, скорость и интенсивность которой зависят от плотности

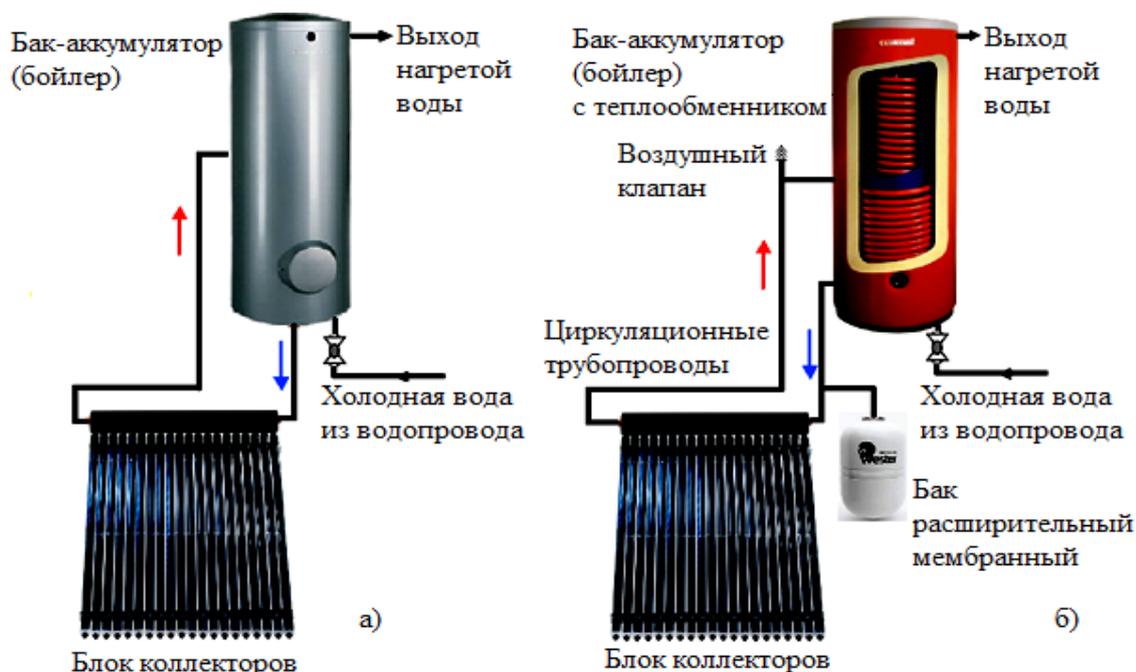


Рисунок 15 – Принципиальные схемы систем солнечного горячего водоснабжения с пассивной циркуляцией теплоносителя: а) одноконтурная; б) двухконтурная

потока солнечного излучения. Постепенно, в течение светового дня, происходит полный прогрев всего бака, при этом отбор воды для использования должен производиться из наиболее горячих слоев воды, располагающихся в верхней части бака. Обычно это делается подачей холодной воды в бак снизу под давлением, которая вытесняет нагретую воду из бака.

Особенностью систем солнечного горячего водоснабжения является то, что в случае термосифонной системы нижняя точка бака-аккумулятора должна располагаться выше верхней точки коллектора и не далее 3–4 м от коллекторов, а при насосной циркуляции теплоносителя расположение бака-аккумулятора может быть произвольным.

Работа двухконтурной термосифонной системы (рисунок 15, б) аналогична работе одноконтурной системы, но в системе имеется отдельный замкнутый коллекторный контур, состоящий из коллекторов, трубопроводов и теплообменника в баке-аккумуляторе. Этот контур заправляется специальным (как правило, незамерзающим) теплоносителем. При нагреве теплоносителя в коллекторе он поступает в верхнюю часть теплообменника, отдает тепло воде в баке и, охлаждаясь, движется вниз в коллекторы, осуществляя постоянную циркуляцию при наличии солнечной радиации.

Полный прогрев бака происходит постепенно, в течение всего светового дня, но поскольку отбор воды к потребителю производится из наиболее прогретых верхних слоев, пользование горячей водой возможно и до полного прогрева.

В системах с принудительной циркуляцией (рисунок 16) в коллекторный контур включается циркуляционный насос, что дает возможность устанавливать бак-аккумулятор в любой части здания. Направление движения теплоносителя должно совпадать с направлением естественной циркуляции в коллекторах. Включение и выключение насоса производится электронным блоком управления, представляющим собой дифференциальное управляющее реле, сравнивающего показания датчиков температуры, установленных на выходе из коллекторов и в баке.

Насос включается, если температура в коллекторах выше температуры воды в баке. Существуют блоки, позволяющие менять скорость вращения и подачу насоса, поддерживая постоянную разность температур между коллекторами и баком. Системы с активной циркуляцией теплоносителя обычно бывают двухконтурные.

В АПК Республики Беларусь на фермах и комплексах КРС в зимний период не используются системы отопления помещений для содержания взрослого поголовья, что предъявляет особые требования к системе выпойки животных теплой водой (22–24 °С).

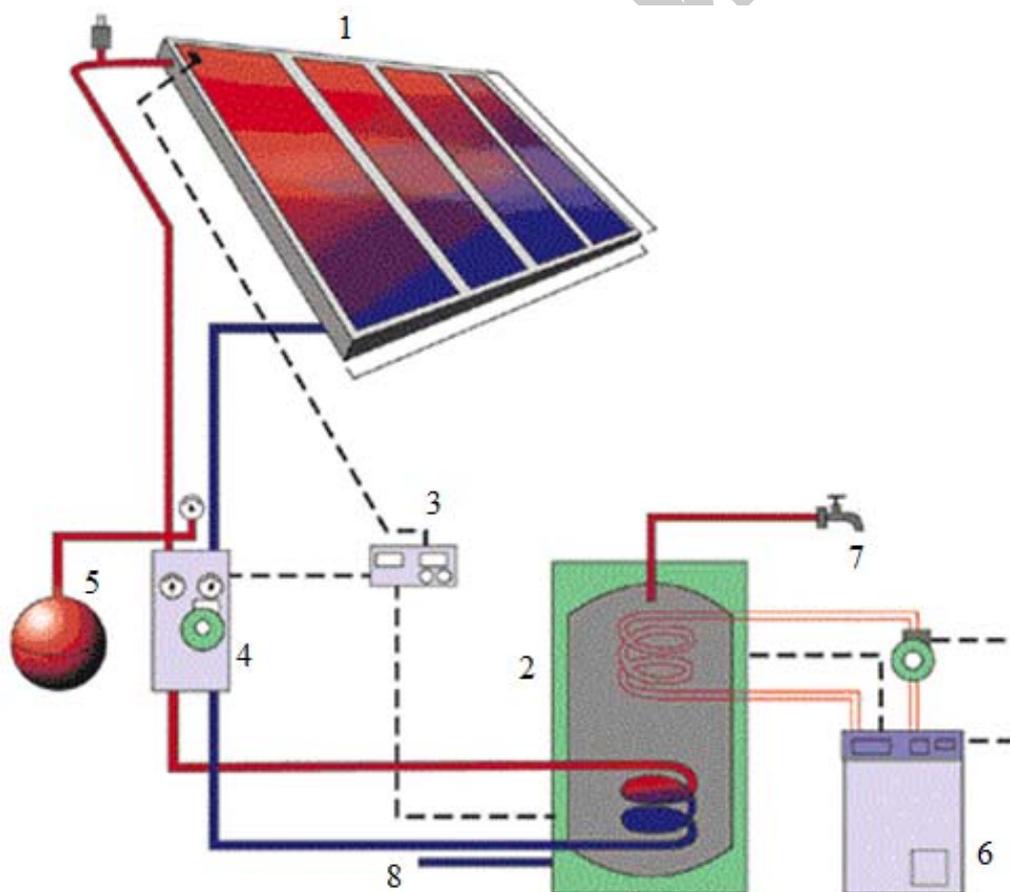


Рисунок 16 – Схема солнечного горячего водоснабжения с принудительной циркуляцией:

1 – коллектор; 2 – бойлер; 3 – контрольная панель; 4 – насос; 5 – расширительный бак; 6 – источник дополнительного подогрева; 7 – выход горячей воды; 8 – вход холодной воды

Как показывает практика, системы подогрева воды эффективны в течение всего года, а летом могут служить для обеспечения нужд ГВС для технологических процессов на фермах КРС (рисунок 17) и обеспечения бытовых потребностей обслуживающего персонала. Единственное условие по эксплуатации солнечных коллекторов в летний период времени при максимальной солнечной активности состоит в достаточно интенсивном отборе теплой (горячей, до 60 °С) воды или накрытии части поверхности солнечного коллектора брезентом, чтобы не допустить закипание теплоносителя в вакуумных тепловых трубках.

*а)**б)*

Рисунок 17 – Расположение вакуумных солнечных коллекторов на крышах ферм КРС (система подогрева питьевой воды для животных):

а – Агрофирма «Унибокс»; *б* – СПК «Агрокомбинат Снов»

При выборе солнечных коллекторов основной характеристикой системы теплоснабжения является ее расчетная тепловая мощность.

Тепловая мощность системы теплоснабжения определяется с учетом ее составляющих: тепловой мощности системы отопления и тепловой мощности системы горячего водоснабжения объекта.

Тепловая мощность системы отопления по месяцам года определяется по укрупненным показателям [3, 7]. Находят часовой расход теплоты Q_o^B , кВт, суточный кВт/сут и среднемесячный по выражению

$$Q_o^{MEC} = Q_o^{СУТ} n_{СУТ} \frac{t_{BH} - t_H^{CP}}{t_{BH} - t_{H,O}}, \quad (2.1)$$

где t_{BH} – температура воздуха в помещении, принимается равной

$$t_{BH} = 18 \text{ } ^\circ\text{C};$$

t_H^{CP} – среднемесячные температуры наружного воздуха для заданной местности.

Расчеты сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Тепловая мощность системы отопления

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
t_H^{CP} , $^\circ\text{C}$												
Q_o^{MEC} , кВт												

При расчетах выбираем месяцы со средней температурой наружного воздуха $t_H^{CP} \leq 8 \text{ } ^\circ\text{C}$. За крайние расчетные отопительные месяцы с $t_H^{CP} \leq 8 \text{ } ^\circ\text{C}$ при $n_\Sigma > n_o$ принимаем [3]

$$n' = n_{MEC} - 0,5(n_\Sigma - n_o), \quad (2.2)$$

где n_{MEC} – количество календарных дней крайних месяцев.

Если $n_\Sigma < n_{OT}$, то к расчетным добавляются два ближайших месяца с количеством календарных дней:

$$n_{MEC} = 0,5(n_\Sigma - n_o). \quad (2.3)$$

Крайними для Республики Беларусь считаются месяцы апрель и октябрь.

На основании [3, 14] или приведенной таблицы 5 норма потребления горячей воды принимается на одного жителя в сутки для жилого дома или другого проектируемого объекта.

При необходимости, если нормы расхода горячей воды взяты из литературных источников при температуре отличной от 55 °С, определяем норму расхода воды на горячее водоснабжение для зимнего и летнего периодов, производя пересчет на температуру горячей воды равную: $t_r = 55$ °С.

Суточный расход теплоты на горячее водоснабжение рассчитываем исходя из продолжительности работы в течение 16 часов, исключив ночное время суток.

Таблица 5 – Нормы расхода горячей воды потребителями [6, 7, 14, 15]²

Наименование потребителя	Единица измерения	Нормы расхода горячей воды, ³ л/сут	Расход горячей воды прибором, л/ч
Административные здания	1 работающий	7	60
Жилые дома квартирного типа с центральным ГВС	1 житель	100	60
Жилые дома квартирного типа с центральным ГВС с повышенными требованиями к благоустройству	1 житель	130	200
Общежития с общими душевыми	1 житель	60	60
Общежития с душевыми в комнатах	1 житель	70	60
Гостиницы с общими душевыми	1 житель	70	200
Гостиницы с душевыми в комнатах	1 житель	140	80
Цехи с избытками явной теплоты (более 20 ккал/(м ³ ч))	1 работающий в смену	24	40
Остальные цехи	то же	11	40
Душевые в бытовых помещениях	1 душ. сетка	270	270

Все расчеты сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – Среднемесячное теплотребление ГВС

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{ГВ}^{МЕС}$, кВт/мес.												

² Температура горячей воды принята равной 55 °С.

³ В сутки наибольшего водопотребления.

Окончание таблицы 7

Месяц	Часы										$\frac{\sum I_s}{\sum I_g}$	I^{CP}
		8	9	10	11	12	13	14	15	16		
IV	$\frac{I_s}{I_g}$											
V	$\frac{I_s}{I_g}$											
VI	$\frac{I_s}{I_g}$											
VII	$\frac{I_s}{I_g}$											
VIII	$\frac{I_s}{I_g}$											
IX	$\frac{I_s}{I_g}$											
X	$\frac{I_s}{I_g}$											
XI	$\frac{I_s}{I_g}$											
XII	$\frac{I_s}{I_g}$											

Для каждого месяца выписывается:

- в верхней строчке прямая интенсивность (I_s);
- в нижней строчке рассеянная интенсивность (I_g).

В предпоследней колонке приводится суммарная интенсивность с 8⁰⁰ до 16⁰⁰ часов; в последней колонке – среднечасовая интенсивность.

Положение солнечных лучей на земную поверхность приведено в приложение Г (см. рисунок Г1, а); этот рисунок следует зарисовать в пояснительной записке проекта и проставить значения углов.

Рисунок Г1, б (приложение Г) показывает положение наклонной поверхности коллектора. Этот рисунок также следует зарисовать и проставить величины углов.

После этих действий необходимо произвести пересчет солнечного излучения при падении лучей на наклонную плоскость, которое характеризуется коэффициентами расположения солнечного коллектора для прямой P_s и P_g радиации [3].

Коэффициент расположения солнечного коллектора для прямой радиации P_s является функцией широты местности φ , угла наклона коллектора β , угла склонения Солнца δ , который в свою очередь зависит от времени.

Для упрощения расчетов составлены таблицы приложения Д, по которым определяют P_s в зависимости от широты местности φ и угла склонения Солнца δ для каждого месяца.

Коэффициент расположения солнечного коллектора для рассеянной радиации определяется по выражению [3, 9]

$$P_g = \cos^2 \frac{\beta}{2}, \quad (2.4)$$

где β – угол наклона солнечного коллектора к горизонту.

Угол β рекомендуется принимать равным широте местности, $\beta = \varphi$ для круглогодично работающих систем и $\beta = \varphi - 15^\circ$ для систем, работающих в летний период.

Интенсивность падающей солнечной радиации для каждого светового дня определяется по выражению

$$q_i = P_s I_s + P_g I_g. \quad (2.5)$$

Все расчеты сводятся в таблицу 8.

Интенсивность солнечного излучения q_i меняется в течение года. Поэтому КПД установки тоже будет изменяться.

КПД установки определяется по выражению [3, 8]

$$\eta_i = 0,8 \left(\theta - \frac{8k\Delta t}{q_{i\Sigma}} \right), \quad (2.6)$$

где θ – приведенная оптическая характеристика коллектора, принимается для одностекольных коллекторов $\theta = 0,73$, для двухстекольных $\theta = 0,63$;

k – приведенный коэффициент теплопередачи солнечного коллектора, для одностекольных – $k = 8$ Вт/(м²·К), для двухстекольных – $k = 5$ Вт/(м²·К);

Δt – разность между средней температурой нагреваемой воды и средней температурой наружного воздуха.

$$\Delta t = 0,5(t_1 + t_2) - t_H^{CP}, \quad (2.7)$$

$$t_1 = t_{X_i} + 5, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad t_2 = t_\Gamma + 5, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.8)$$

Таблица 8 – Интенсивность солнечной радиации, падающей на солнечный коллектор

Обозначения	Единица измерения	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
δ	° (градус)												
P_S													
I_S	Вт/м ²												
I_g	Вт/м ²												
q_i	Вт/(м ² ·день)												
$q_{i\Sigma}$	кВт/(м ² ·мес)												

Расчеты по определению η_i сводим в таблицу 9.

Таблица 9 – КПД солнечной установки

Обозначения	Единица измерения	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
t_H^{CP}	°С												
Δt	°С												
$q_{i\Sigma}$	кВт/(м ² ·мес)												
η_i	%												

Площадь поглощающей поверхности солнечных коллекторов при наличии резервного источника (котла-дублера) теплоты определяем по зависимости [3, 9].

$$A_i = \frac{\sum Q_i}{\eta_i q_{i\Sigma}}, \quad (2.9)$$

где $\sum Q_i = Q_O^{MEC} + Q_{GB}^{MEC}$ - среднемесячное количество теплоты на отопление и горячее водоснабжение.

Все расчеты сводим в таблицу 10.

Принимаются солнечные коллекторы площадью A при максимальной величине $q_{i\Sigma}$.

В графической части курсовой работы следует изобразить разработанную схему солнечной системы теплоснабжения, а также чертеж установки солнечного коллектора на здании или рядом с ним.

Таблица 10 – Площадь поглощающей поверхности коллекторов

Обозначения	Единица измерения	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_0^{MEC}	кВт												
$Q_{\text{ГВ}}^{\text{MEC}}$	кВт												
$\sum Q_i$	кВт												
A_i	м ²												

Выбор и обоснование, описание работы солнечной системы теплоснабжения приводятся в пояснительной записке.

Применяемые схемы солнечных систем теплоснабжения приведены в литературе [3, 8, 12].

Количество теплоты, которое вырабатывается солнечной системой теплоснабжения, определяется по формуле

$$Q_{iyc} = A \eta_i q_{i\Sigma} \cdot \quad (2.10)$$

Все расчеты сводим в таблицу 11.

Таблица 11 – Годовые теплопоступления

Обозначения	Единица измерения	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$q_{i\Sigma}$	кВт/м ² ·мес												
η_i	%												
Q_{iyc}	кВт/мес												

Суммарное количество теплоты, получаемое от солнечной радиации, кВт/год:

$$Q_{yc} = \sum Q_{iyc} \cdot \quad (2.11)$$

Для определения количества теплоты в ГДж/год принимаем:

$$Q_{yc} = 3,6 Q_{iyc} 10^{-3} \cdot \quad (2.12)$$

После выполнения этих расчетов необходимо построить реальный годовой график теплопоступления солнечной энергии.

Годовой график теплоступления строится на основании данных таблицы 11 в виде кривой, представленной на рисунке 19 в качестве образца.

На графике (рисунок 19) по оси ординат следует указать шкалу с численными значениями теплоступлений. Шкала обозначений (месяцы), расположенная по оси абсцисс на рисунке 19, показана условно, и на реальном графике может быть не отражена.

Реальный годовой график теплоступлений желательно помесечно выполнить в разных обозначениях (цветах) и продублировать его на листе графической части.

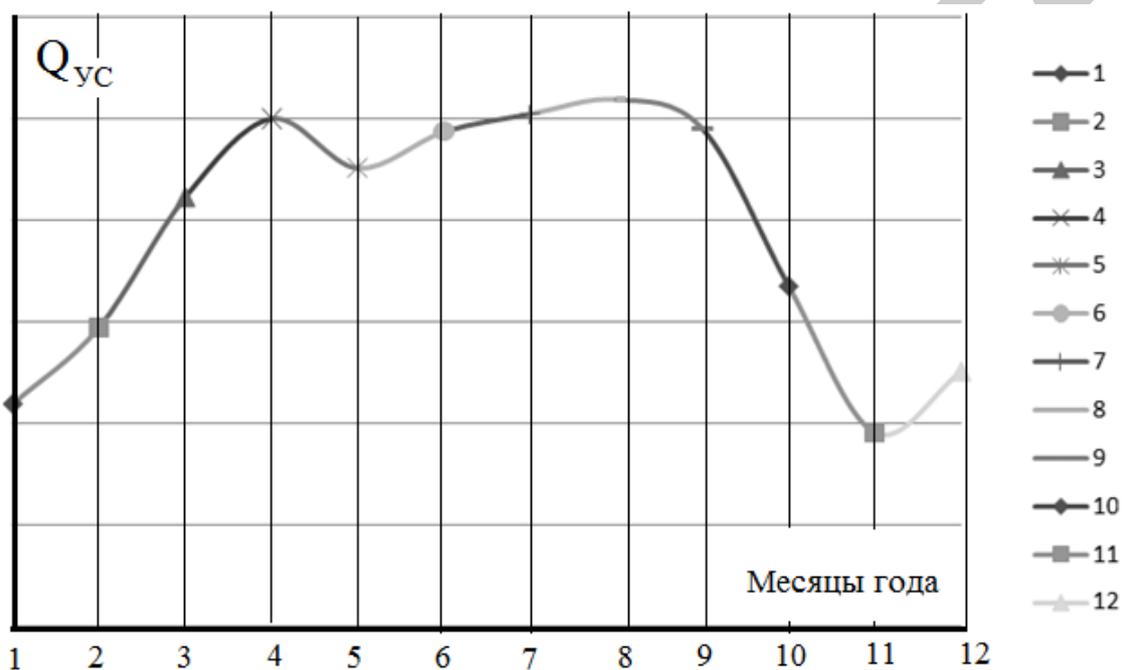


Рисунок 19 – Годовой график теплоступления

Далее необходимо осуществить подбор оборудования солнечной системы теплоснабжения, начиная с бака-аккумулятора.

Объем бака-аккумулятора определяется по выражению:

$$V = (0,03 \div 0,08)A, \quad (2.13)$$

где A – суммарная поверхность солнечных коллекторов, m^2 .

Для нагрева воды в баке-аккумуляторе устанавливаются змеевики из стальных труб диаметром 32 мм [3, таблицы 3, 4], указывается суммарная длина l , м, и поверхность нагрева, m^2 .

Расчет теплообменника системы горячего водоснабжения выполняют в следующей последовательности.

Определяем расход нагреваемой воды, кг/с:

$$G_{\text{гв}} = \frac{Q_{\text{вг}}^{\text{сп}}}{c_{\text{в}}(t_{\text{г}} - t_{\text{х}})}, \quad (2.14)$$

где $c_{\text{в}}$ – средняя удельная изобарная теплоемкость воды, $c_{\text{в}} = 4,19$ кДж/кг · К.

Находим требуемую поверхность нагрева:

$$A_{\text{г}} = \frac{G_{\text{гв}} c (t_{\text{г}} - t_{\text{х}})}{3600 \tau k \Delta t_{\text{г}}}, \quad (2.15)$$

где τ – продолжительность дневного цикла работы солнечной системы;

$\Delta t_{\text{г}} = 5$ °С;

k – коэффициент теплопередачи [3, 9]:

$$k = \frac{a \vartheta^{0,8}}{1 + \left(\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \right)^{0,8}}, \quad (2.16)$$

где a – коэффициент для секционных скоростных теплообменников по ТУ 400–28–255–77Е, $a = 5\,500$; для теплообменников типа ТТ [3, таблица 3.3] $a = 5\,150$;

ϑ_1, ϑ_2 – скорости движения теплоносителя в трубном и межтрубном пространствах теплообменника, рекомендуется принимать от 0,5 до 1,0 м/с.

Задавшись скоростью воды ϑ_1 вычисляем площадь живого сечения трубного пространства:

$$f_{\text{тр}} = \frac{G_1}{\rho \vartheta_1}, \quad (2.17)$$

где ρ – плотность нагреваемой воды, принимается: $\rho = 1\,000$ кг/м³.

Далее выбирается тип теплообменника и выписываются технические данные: $F^{\text{н}}$, м²/секции; $f_{\text{тр}}^{\text{н}}$, м²; $f_{\text{м.тр}}^{\text{н}}$, м².

Уточняем действительную скорость нагреваемой воды:

$$g_1 = \frac{G_1}{\rho f_{\text{тр}}^{\text{н}}}. \quad (2.18)$$

Приняв температуру нагрева теплоносителя в солнечных коллекторах равной $t_{\text{н}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, определяем расход греющего теплоносителя, кг/с:

$$G_2 = \frac{Q_{\text{ГВ}}^{\text{сп}}}{c_{\text{в}}(t_{\text{н}} - t_{\text{к}})}, \quad (2.19)$$

где $t_{\text{к}}$ – температура теплоносителя поступающего в коллектор.

Определяем действительную скорость греющего теплоносителя

$$g_2 = \frac{G_2}{\rho f_{\text{м.тр}}^{\text{н}}}. \quad (2.20)$$

Найдя g_1, g_2 , находим $k, A_{\text{т}}$ и определяем количество секции, указав тип и длину трубок теплообменника.

В случае недостаточности или отсутствия солнечной радиации теплоснабжение проектируемого объекта осуществляется с помощью котла-дублера или водоподогревателя любого типа (газового, электрического, реже – на твердых видах топлива, например, пеллетах).

Тепловая мощность котла-дублера должна обеспечивать систему отопления и горячего водоснабжения, определяется по формуле, кВт:

$$Q_{\text{к}} = (Q_{\text{о}} + Q_{\text{ГВ}}^{\text{сп}})1,2. \quad (2.21)$$

По теплопроизводительности $Q_{\text{к}}$, учитывая вид топлива, выбираем тип котла и выписываем его технические характеристики: $Q_{\text{к}}$, кВт; $\eta_{\text{к}}$; $t_{\text{н}}$, $^\circ\text{C}$.

4 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Экономическое обоснование курсовой работы выполняем по упрощенной методике [3, 9, 11].

Экономический эффект от применения солнечных коллекторов достигается за счет экономии условного топлива.

Количество сэкономленного за год условного топлива благодаря использованию солнечной системы теплоснабжения определяется по формуле (т у. т.):

$$B = \frac{3,6Q_{уст}}{\eta_k Q_p^p}, \quad (3.1)$$

где $Q_{уст}$ – годовые теплопоступления, получаемые от солнечных коллекторов, ГДж/год;

Q_p^p – теплота сгорания условного топлива (принимается равной 29,3 МДж/кг).

Для определения укрупненных капитальных вложений в установку необходимо определить стоимость:

- 1) оборудования (определяется согласно договорным ценам).⁴
- 2) строительно-монтажных работ (25-30 % от стоимости оборудования);
- 3) проектных работ (до 10 % от стоимости строительно-монтажных работ);
- 4) пуско-наладочных работ (3-5 % от стоимости оборудования).

Исходя из вышесказанного, основные капиталовложения в мероприятие составят (тыс. руб):

$$K_{оп} = C_{об} + 0,1 \cdot C_{смп} + (0,25...0,3) \cdot C_{об} + (0,03...0,05) \cdot C_{об} \quad (3.2)$$

Тогда срок окупаемости проекта может быть определен по формуле (лет):

$$Cp_{ок} = \frac{K_{оп}}{B \cdot C_{топл}} \quad (3.3)$$

где $C_{топл}$ – стоимость 1 т у. т. (тыс. руб), уточняется на момент составления расчета (может быть определена через стоимость газа $C = C_{газ} / 1,15$).

⁴ Можно взять из Интернет-ресурсов на день выполнения проекта.

Список использованных источников

Основная

1. Коротинский, В. А. Энергосберегающие технологии в АПК : пособие / В. А. Коротинский ; БГАТУ, Кафедра энергетики. – Минск : БГАТУ, 2014. – 212 с.
2. Зайцева, Н. К. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения : методические указания к курсовому и дипломному проектированию / Н. К. Зайцева, С. И. Сеница ; БГАТУ, Кафедра энергетики. – Минск : БГАТУ, 2010. – 32 с.
3. Амерханов, Р. А. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства : учебник / Р. А. Амерханов, Б. Х. Драганов ; под ред. Б. Х. Драганова. – Краснодар, 2001. – 200 с.

Дополнительная

4. О возобновляемых источниках энергии : Закон Респ. Беларусь, 27 дек. 2010 г., № 204-З // Консультант Плюс : Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2017.
5. Государственная программа развития Белорусской энергетической системы на период до 2016 года : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 29 февр. 2012 г., № 194 : в ред. постановления Совмина Респ. Беларусь от 17.12.2015 г., № 1052 // Консультант Плюс : Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2017.
6. Методические указания по нормированию потребления тепловой и электрической энергии в учреждениях и организациях социальной сферы. – Минск : Комитет по энергоэффективности при Совмине РБ, 2005. – 84 с.
7. Герасимович, Л. С. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства / Л. С. Герасимович [и др.]. – Минск : Ураджай, 1993. – 368 с.
8. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 1: Отопление / В. Н. Богословский [и др.] ; под ред. И. Г. Староверова, Ю. И. Шиллера. – Москва : Стройиздат, 1990. – 344 с. : ил.
9. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Р. Р. Аvezов [и др.] ; под ред. Э. В. Сарнацкого, С. А. Чистовича. – Москва : Стройиздат, 1990. – 328 с. : ил.
10. Герасимович, Л. С. Метод определения прямой, рассеянной, отраженной и суммарной солнечной радиации на оптимально ориентированную поверхность гелиотехнического устройства. Методические указания к выполнению лабораторной работы / Л. С. Герасимович, В. В. Кузьмич, В. А. Коротинский. – Минск : БГАТУ, 1999. – 100 с.

11. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий / Комитет по энергоэффективности при Совмине РБ. – Минск : Белэнергосбережение, 2003. – 60 с.

Нормативная

12. СТБ 1346–2016. Энергосбережение. Общие положения. – Взамен СТБ 1346-2002 ; введ. 2017-07-01. – Минск : Госстандарт, 2017. – 12 с.

13. СНБ 2.04.02–2000. Строительная климатология. – Взамен СНиП 2.01.01-82 ; введ. 2001-07-01. – Минск : Минстройархитектуры, 2001. – 37с.

14. ТКП 45-4.01-52–2007 (02250). Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2008-09-01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2008. – 62 с.

15. СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85. – Введ. 2013-01-01. – Москва : Минрегион России, 2011. – 65 с.

16. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) : учебно-методическое пособие / БГАТУ, Агроэнергетический факультет ; авторы : В. В. Гурин [и др]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 144 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Таблица А 1 – Часовые суммы прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, (Вт·ч)/м²

Мес.	Часы														
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	$\frac{I_s}{I_g}$			22	11	36	80	116	127	105	58	22			
					69	94	105	105	94	69	22				
II			22	69	47	116	208	244	244	232	152	80	22		
					105	116	127	127	127	105	69	22			
III		22	11	58	138	244	313	360	349	302	244	152	80	22	
			69	116	138	163	174	185	185	163	127	80	22		
IV	22	58	69	138	208	279	324	338	313	279	232	174	116	58	11
			105	174	197	232	244	255	255	221	185	127	80	22	
V	11	58	115	221	302	382	418	407	371	302	264	221	152	94	47
	11+47	94	127	163	185	208	244	255	266	232	197	152	105	58	11
VI	11	58	105	197	266	338	360	396	360	313	279	232	174	94	58
	22+58	105	138	174	197	232	232	255	244	232	197	152	127	69	22
VII	11	36	80	152	197	266	302	313	302	266	232	185	152	80	47
	11+58	105	138	185	208	132	255	255	244	221	185	138	105	58	22
VIII	22	11	47	105	163	232	290	313	313	279	255	197	127	58	22
		69	116	163	185	208	221	208	208	185	152	116	69	22	
IX		22	36	94	174	255	302	324	324	279	221	160	94	47	11
			69	94	116	138	152	152	152	127	105	69	22		
X			11	36	94	163	221	232	221	185	138	80	22	11	
			36	80	105	127	138	138	138	110	80	36			
XI				11	36	69	116	152	138	116	80	36	11		
				36	69	94	105	105	94	69	36				
XII				11	36	69	80	80	69	22	11				
				11	47	69	94	94	80	58	11				

Примечание. Данные получены на 50°С. III

Таблица А 2 – Часовые суммы прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, (Вт·ч)/м²

Мес.	Часы														
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	$\frac{I_s}{I_g}$				22	$\frac{11}{58}$	$\frac{36}{94}$	$\frac{58}{105}$	$\frac{58}{105}$	$\frac{58}{58}$	$\frac{11}{69}$	22			
II				22	$\frac{36}{58}$	$\frac{69}{105}$	$\frac{105}{138}$	$\frac{116}{163}$	$\frac{127}{163}$	$\frac{58}{58}$	$\frac{80}{105}$	$\frac{47}{58}$	22		
III			22	$\frac{36}{69}$	$\frac{80}{127}$	$\frac{127}{174}$	$\frac{163}{208}$	$\frac{185}{221}$	$\frac{197}{221}$	$\frac{174}{191}$	$\frac{138}{163}$	$\frac{80}{116}$	$\frac{47}{58}$	22	
IV		22	$\frac{58}{58}$	$\frac{127}{105}$	$\frac{208}{138}$	$\frac{279}{185}$	$\frac{302}{208}$	$\frac{313}{221}$	$\frac{313}{232}$	$\frac{279}{208}$	$\frac{232}{185}$	$\frac{174}{152}$	$\frac{105}{105}$	$\frac{47}{58}$	22
V	$\frac{11}{11}$	$\frac{47}{47}$	$\frac{116}{94}$	$\frac{208}{127}$	$\frac{302}{152}$	$\frac{371}{185}$	$\frac{418}{197}$	$\frac{429}{208}$	$\frac{418}{208}$	$\frac{382}{185}$	$\frac{338}{185}$	$\frac{266}{163}$	$\frac{174}{127}$	$\frac{105}{94}$	$\frac{36}{58}$
VI	$\frac{22}{22}$	$\frac{69}{69}$	$\frac{163}{94}$	$\frac{244}{127}$	$\frac{324}{163}$	$\frac{429}{185}$	$\frac{451}{197}$	$\frac{451}{208}$	$\frac{429}{221}$	$\frac{418}{208}$	$\frac{371}{185}$	$\frac{293}{163}$	$\frac{221}{138}$	$\frac{152}{105}$	$\frac{58}{69}$
VII	36	$\frac{58}{58}$	$\frac{138}{94}$	$\frac{232}{127}$	$\frac{329}{163}$	$\frac{360}{197}$	$\frac{407}{206}$	$\frac{418}{221}$	$\frac{396}{232}$	$\frac{371}{221}$	$\frac{313}{208}$	$\frac{255}{174}$	$\frac{185}{138}$	$\frac{116}{105}$	$\frac{47}{58}$
VIII		$\frac{22}{36}$	$\frac{80}{69}$	$\frac{152}{116}$	$\frac{244}{138}$	$\frac{313}{174}$	$\frac{360}{197}$	$\frac{371}{208}$	$\frac{360}{208}$	$\frac{324}{197}$	$\frac{279}{174}$	$\frac{208}{152}$	$\frac{138}{116}$	$\frac{58}{80}$	$\frac{11}{36}$
IX			$\frac{22}{36}$	$\frac{80}{69}$	$\frac{138}{116}$	$\frac{197}{138}$	$\frac{232}{163}$	$\frac{244}{174}$	$\frac{232}{174}$	$\frac{221}{169}$	$\frac{185}{138}$	$\frac{124}{116}$	$\frac{69}{69}$	$\frac{11}{36}$	
X				36	$\frac{47}{69}$	$\frac{94}{94}$	$\frac{116}{117}$	$\frac{125}{127}$	$\frac{138}{127}$	$\frac{116}{116}$	$\frac{80}{94}$	$\frac{36}{68}$	$\frac{11}{22}$		
XI					$\frac{11}{22}$	$\frac{36}{58}$	$\frac{58}{80}$	$\frac{80}{94}$	$\frac{69}{94}$	$\frac{58}{80}$	$\frac{22}{58}$	$\frac{11}{22}$			
XII					11	$\frac{22}{36}$	$\frac{22}{69}$	$\frac{47}{80}$	$\frac{47}{80}$	$\frac{36}{69}$	$\frac{22}{36}$	11			

Примечание. Данные получены на 52°С. III

Таблица А 3 – Часовые суммы прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, (Вт·ч)/м²

Мес.	Часы														
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	$\frac{I_s}{I_g}$			22	22	36	47	47	47	22	11				
II				22	47	69	94	105	94	69	36	21			
III			22	40	86	152	174	185	174	127	80	36	28		
IV		22	48	117	197	260	280	290	290	260	220	160	98	40	
V	11	32	149	181	276	292	300	310	300	280	160	140	84	76	29
VI	11	32	94	117	142	164	186	200	200	174	174	139	111	86	46
VII	22	69	153	214	310	380	390	390	305	301	190	180	114	100	50
VIII	22	69	84	117	154	176	183	200	211	203	171	156	129	96	40
IX	36	54	131	210	310	360	380	380	340	295	173	151	84	105	43
X		54	91	119	154	183	201	211	220	211	203	169	144	99	49
XI		22	76	138	240	301	348	361	327	274	165	148	73	61	38
XII		36	60	104	128	170	183	201	201	190	143	104	78	53	34
		11	71	120	144	185	212	222	214	217	153	116	69	11	
			31	60	106	124	156	161	161	156	124	102	69	36	
					44	91	118	127	111	96	74	36	11		
			34	63	91	110	120	120	90	84	61	22			
					11	34	51	74	60	48	20	11			
					22	56	79	86	91	78	51	22			
						22	22	41	43	34	22				
					11	31	56	74	74	59	31	11			

Примечание. Данные получены на 54°С. III

Таблица А 4 – Часовые суммы прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, (Вт·ч)/м²

Мес.	Часы														
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	$\frac{I_s}{I_g}$			12	11	22	36	47	36	22	11				
II				22	36	56	90	96	94	69	36	21			
III			11	36	76	149	169	181	170	120	78	34	22		
IV			46	114	189	254	270	280	280	254	189	143	84	38	
V	11	32	134	181	266	276	294	304	294	159	136	80	79	74	24
VI	11	32		117	140	162	178	196	176	170	130	104	84	81	41
VII	22	69	89	210	304	371	386	386	301	300	189	176	114	96	50
VIII	22	69		109	150	175	181	196	208	204	170	146	119	89	40
IX	36	51	151	208	309	351	378	378	329	286	170	149	80	98	41
X		51	81	109	150	180	196	199	210	204	198	160	140	84	38
XI		22	128	130	230	298	326	354	317	264	149	141	69	61	36
XII		36	96	101	124	169	171	198	201	180	140	98	69	51	32
		11	70	120	132	176	204	219	212	209	149	110	63	11	
			59	60	59	120	150	153	153	147	120	98	63	28	
			71		41	89	116	120	109	89	71	34	11		
			31	32	59	89	109	117	117	89	81	58	22		
					11	34	51	74	58	43	20	11			
					22	56	79	81	89	71	50	21			
					11	31	54	73	71	56	31	11			

Примечание. Данные получены на 56°С. III

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Таблица Б1 – Средний угол падения прямой солнечной радиации на поверхность коллектора

Широта	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Горизонтальная плоскость												
50	74	68	61	55	51	50	51	53	58	60	73	76
55	78	72	65	58	54	52	53	55	61	70	76	80
60	82	76	68	61	56	55	55	58	65	75	81	84
Угол падения $\beta = 15^\circ$												
50	62	57	52	49	48	48	47	48	51	55	60	63
55	65	60	55	51	49	49	49	50	54	58	64	66
60	68	63	58	53	50	49	50	52	55	61	67	70
Угол падения $\beta = 30^\circ$												
50	50	47	47	47	47	45	46	45	45	47	49	50
55	52	50	48	48	46	48	47	47	47	49	51	53
60	55	52	50	49	48	47	47	48	49	51	55	55
Угол падения $\beta = 45^\circ$												
50	39	39	42	46	47	48	48	47	45	42	38	39
55	40	42	44	47	46	48	47	46	45	42	40	41
60	42	42	45	46	47	47	48	46	46	43	41	43
Угол падения $\beta = 60^\circ$												
50	31	37	43	48	51	53	52	49	47	38	33	30
55	30	36	44	46	50	51	51	48	45	37	30	28
60	29	35	42	47	49	50	49	47	45	35	30	29
Угол падения $\beta = 75^\circ$												
50	28	37	46	52	57	59	59	55	49	38	30	27
55	25	34	44	51	55	57	56	52	48	38	27	25
60	22	32	43	49	53	55	53	51	46	37	26	22
Угол падения $\beta = 90^\circ$												
50	31	41	52	60	66	69	68	63	56	46	34	29
55	27	38	50	57	63	66	65	59	53	42	29	24
60	22	34	47	55	60	62	61	57	52	39	25	20

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

Таблица В1 – Коэффициент пересчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на наклонную поверхность P_s

Широта	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Угол падения $\delta = 15^\circ$												
50	1,95	1,50	1,32	1,14	1,04	1,00	1,02	1,10	1,25	1,50	1,85	2,11
55	2,36	1,70	1,4	1,17	1,06	1,01	1,03	1,12	1,3	1,63	2,18	2,64
60	3,25	2,0	1,5	1,21	1,07	1,02	1,04	1,15	1,37	1,84	2,84	3,98
Угол падения $\delta = 30^\circ$												
50	2,77	2,10	1,5	1,21	1,02	0,95	0,98	1,13	1,41	1,89	2,57	3,07
55	3,55	2,45	1,7	1,27	1,06	0,98	1,02	1,18	1,51	2,15	3,21	4,11
60	5,27	3,03	1,9	1,35	1,09	1,00	1,04	1,28	1,65	2,56	4,48	6,69
Угол падения $\delta = 45^\circ$												
50	3,4	2,45	1,68	1,2	0,92	0,85	0,89	1,08	1,47	2,15	3,12	3,82
55	4,51	2,95	1,89	1,29	1,00	0,9	0,94	1,16	1,62	2,55	4,02	5,29
60	6,93	3,77	2,17	1,39	1,06	0,94	0,99	1,24	1,81	3,10	3,82	8,94
Угол падения $\delta = 60^\circ$												
50	3,8	2,63	1,69	1,1	0,81	0,7	0,75	0,97	1,44	2,27	3,45	4,31
55	5,16	3,24	1,95	1,22	0,88	0,76	0,82	1,07	1,62	2,72	4,55	6,11
60	8,13	4,25	1,29	1,35	0,95	0,82	0,88	1,17	1,86	3,43	6,76	10,59
Угол падения $\delta = 75^\circ$												
50	3,94	2,63	1,59	0,94	0,63	0,52	0,57	0,8	1,31	2,24	3,55	4,51
55	5,45	3,32	1,87	1,97	0,71	0,59	0,64	0,9	1,51	2,74	4,78	6,52
60	8,76	4,44	2,26	1,22	0,79	0,65	0,72	1,02	1,78	3,52	7,24	11,5
Угол падения $\delta = 90^\circ$												
50	3,81	2,46	1,38	0,72	0,41	0,31	0,38	0,58	1,09	2,05	3,41	4,40
55	5,38	3,17	1,67	0,85	0,5	0,38	0,43	0,69	1,5	2,57	4,68	6,48
60	8,81	4,33	2,07	1,01	0,59	0,46	0,31	0,81	1,57	3,38	7,28	11,6

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

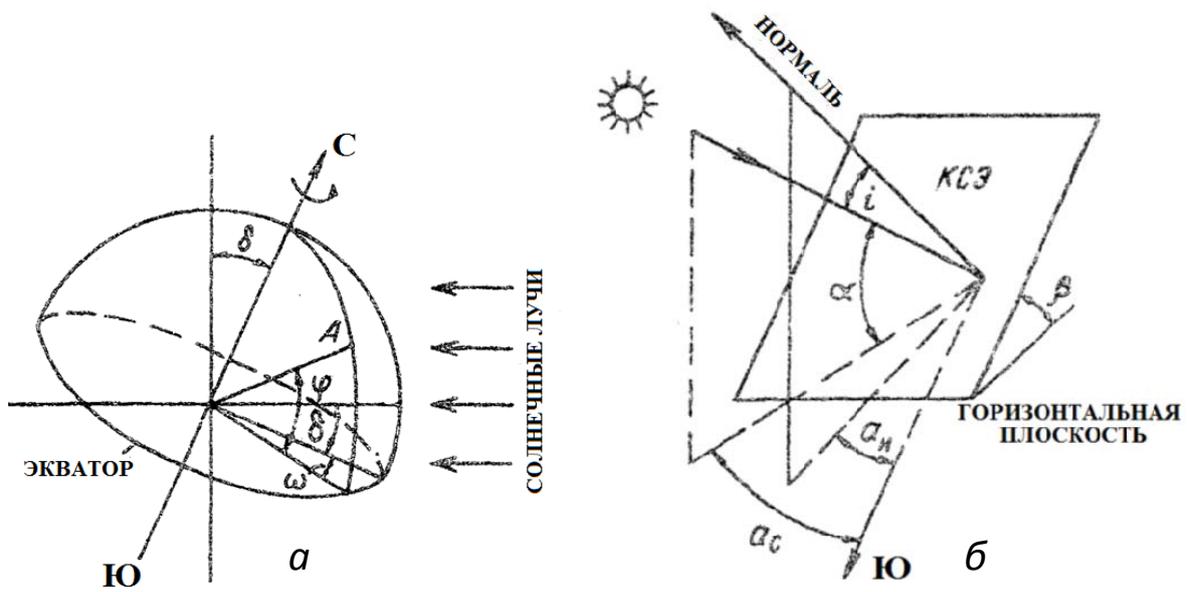


Рисунок Г1 – Углы, характеризующие положение точки на земной поверхности (а) и наклонной поверхности коллектора солнечной энергии (б) относительно солнечных лучей: φ – широта местности, ω – часовой угол, δ – склонение солнца, α_n – азимут наклонной поверхности, α – угол высоты стояния солнца, α_c – азимут солнца

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(рекомендуемое)

Пример выполнения курсовой работы

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учреждение образования
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Агроэнергетический факультет

Кафедра энергетики

**Курсовая работа
по дисциплине:
«Энергосберегающие системы в АПК»**

Вариант №

**Тема: «Использование солнечной энергии
в системах теплоснабжения»**

Студент(ка) _____ курса _____ группы

(личная подпись) / (ФИО)

Шифр зачетной книжки

Руководитель

(личная подпись) / (ФИО)

Минск, 20__

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра энергетики

Утверждаю
Зав.кафедрой

_____ / В. А. Коротинский /
(личная подпись) (ФИО)

«__» _____ 20__ г.

**ЗАДАНИЕ
НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

Студенту(ке) _____
(ФИО студента(ки))

1 Тема курсовой работы: «Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения»

2 Исходные данные к курсовой работе выбираются из таблицы 1

3 Содержание пояснительной записки: *Введение.* 1 Исходные данные. 2 Определение тепловой мощности объекта. 3 Построение годового графика теплоснабжения. 4 Интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации. 5 Определение КПД установки. 6 Поверхность солнечных коллекторов. 7 Схема солнечной системы теплоснабжения. 8 Годовые теплоснабжения от солнечной системы теплоснабжения. 9 Годовой график теплоснабжения. 10 Подбор бака-аккумулятора. 11 Расчет и подбор змеевика. 12 Расчет теплообменника системы горячего водоснабжения. 13 Подбор котла-дублера. 14 Экономия топлива.
Заключение. Список использованных источников

4 Перечень графического материала:

1 Схема солнечной системы теплоснабжения - 1 лист ф. А3

2 Система отопления - 1 лист ф. А1

5 Календарный график выполнения курсовой работы:

Наименование раздела	Объем работы, %	Дата выполнения	Подпись руководителя
Раздел 1–5	33		
Раздел 6–11	40		
Раздел 12–14, ГЧ	27		

6 Дата выдачи задания «__» _____ 20__ г.

7 Сроки сдачи законченной курсовой работы: «__» _____ 20__ г.

Руководитель _____ / _____ /
(подпись) (ФИО)

Подпись студента _____ / _____ /
(ФИО)

«__» _____ 20__ г.

Реферат

Курсовая работа представлена расчетно-пояснительной запиской на 45 страницах печатного текста, таблиц – 17, рисунков – 9 и графической частью, включающей 1 лист формата А1 и 1 лист формата А3.

В расчетно-пояснительной записке выделены следующие разделы: расчет тепловых нагрузок жилого здания, проектирование солнечной системы теплоснабжения, выполнение проектного или поверочного расчета и выбор основного оборудования.

В графической части представлены схема солнечного теплоснабжения, конструкция солнечного коллектора и годовые график теплопотребления объекта и теплопоступления солнечной радиации.

						03.58.003.16	Лист
							4
Изм.	Коллч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Содержание

Введение.....	6
1 Исходные данные.....	7
2 Определение тепловой мощности объекта.....	8
3 Построение годового графика теплопотребления.....	12
4 Интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации.....	13
5 Определение КПД установки.....	18
6 Поверхность солнечных коллекторов.....	20
7 Схема солнечной системы теплоснабжения.....	22
8 Годовые теплопоступления от солнечной системы теплоснабжения.....	25
9 Годовой график теплопоступлений.....	28
10 Подбор бака-аккумулятора.....	32
11 Расчет и подбор змеевика.....	34
12 Расчет теплообменника системы горячего водоснабжения.....	35
13 Подбор котла-дублера.....	38
14 Экономия топлива.....	41
Заключение.....	43
Список использованных источников.....	44
Приложения.....	45

					03.58.003.16 – ПЗ		
<i>Изм..</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>					<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>					5	45	
<i>Реценз.</i>					<i>БГАТУ, № зач.кн.</i>		
<i>Н. Контр.</i>					Пояснительная записка		
<i>Утверд.</i>							

1 Исходные данные

Таблица 1 – Исходные данные [3]

Вариант	Объект	$t_{н.о}$	$n_{от}$	Этажность	Площадь, m^2	Количество человек	Умывальник (У), ван- на (В), душ (Д), мойка (М)	Ориентация коллектора
03	Жилой дом	-23	191	1	56	4	У, В, М	ЮВ

Таблица 2 – Средние температуры наружного воздуха [3]

Вариант	Широта местности φ , град.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
03	52,2	-5,2	-4,3	-0,3	7	13,9	17	18,6	17,3	13	7,1	1,6	-2

Расчетная тепловая мощность системы отопления выявляется при составлении теплового баланса воздуха помещения. Она зависит, прежде всего, от теплопотерь помещения через ограждающие конструкции. Тепловая мощность системы отопления в течение отопительного сезона используется частично в зависимости от изменения дефицита теплоты (с учетом теплопоступлений в помещения) при текущем значении температуры наружного воздуха.

Система отопления предназначена для создания в помещениях здания температурной обстановки, соответствующей комфортной для человека или отвечающей требованиям технологического процесса.

Температурная обстановка в помещении зависит от тепловой мощности системы отопления, а также от расположения обогревающих устройств, теплофизических свойств наружных и внутренних ограждений, интенсивности других источников поступления и потерь теплоты. В холодное время года помещение в основном теряет теплоту через наружные ограждения и, в какой-то мере, через внутренние ограждения, отделяющие данное помещение от смежных, имеющих более низкую температуру воздуха. Кроме того, теплота расходуется на нагревание наружного воздуха, который проникает в помещение через неплотности ограждений естественным путем или в процессе работы системы вентиляции, а также материалов, транспортных средств, изделий, одежды, которые холодными попадают в помещение снаружи.

Тепловая мощность системы отопления определяется по укрупненным показателям [2] $\varphi_0 = 169 \text{ Вт/м}^2$. Как правило, укрупненный метод расчета нагрузок на отопление используется в том случае, когда отсутствует информация о проектах либо же подобные данные не соответствуют фактическим характеристикам.

$$Q_0 = \varphi_0 \cdot A \cdot 10^{-3} = 169 \cdot 56 \cdot 10^{-3} = 9,5 \text{ Вт};$$

$$Q_0^{\text{сут}} = 24Q_0 = 24 \cdot 9,5 = 228 \text{ Вт}.$$

Выписываем суточные средние наружные температуры воздуха для заданной местности [3] и делаем пересчет по формуле:

$$Q_0^{\text{сут}*} = Q_0^{\text{сут}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^{\text{сп}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о}}} \quad (2.1)$$

Теплопотребления системы отопления сводим в таблицу 3.

						03.58.003.16	Лист
							9
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Таблица 3 – Тепловая мощность системы отопления

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$n_{\text{сут}}$	31	28	31	20	–	–	–	–	–	20	30	31
$t_{\text{н}}^{\text{ср}}$	-5,2	-4,3	-0,3	7	13,9	17	18,6	17,3	13	7,1	1,6	-2
$Q_{\text{о}^*}^{\text{сум}}$	129	124	101,8	61,2	22,8	5,6	-3,3	3,9	27,8	60,6	91,2	111,2
$Q_{\text{о}}^{\text{мес}}, \text{кВт}$	3999	3472	3155,8	1224	–	–	–	–	–	1212	2736	3447,2

Выбираем месяцы с температурой $t_{\text{н}}^{\text{ср}} > 8 \text{ } ^\circ\text{C}$. Отопительный сезон длится:

$$n_{\text{оIV}} = n_{\text{мес}} - 0,5(n_{\Sigma} - n_{\text{о}}) = 30 - 0,5 \cdot (212 - 191) = 20;$$

$$n_{\text{оX}} = 31 - 0,5 \cdot (212 - 191) = 21.$$

2.2 Определение тепловой мощности системы горячего водоснабжения

Горячее водоснабжение (ГВС) – система, предназначенная для обеспечения потребителей горячей водой для технологических, санитарных и гигиенических целей.

Решение проблемы выбора схемы горячего водоснабжения (ГВС) и ее комплектации для коттеджа не является очевидным и однозначным. В зависимости от приоритетов и индивидуальных запросов клиента, можно предложить несколько вариантов. Чтобы определить, какой из них наиболее эффективен, необходимо предварительно рассчитать величину тепловых нагрузок на ГВС, а также принять во внимание ряд дополнительных факторов.

На основании [2] норма потребления горячей воды принимается на одного жителя в сутки для жилого дома. Определяем среднюю тепловую мощность системы горячего водоснабжения в зимний и летний периоды.

$$Q_{\text{ГВ.З}}^{\text{ср}} = \frac{1,2ma(55 - t_{\text{х.З}})C_{\text{в}}}{3600} = 33,52 \frac{\text{кВт}}{\text{сут}},$$

$$Q_{\text{ГВ.Л}}^{\text{ср}} = \alpha Q_{\text{ГВ.З}}^{\text{ср}} \frac{55 - t_{\text{х.Л}}}{55 - t_{\text{х.З}}} = 0,8 \cdot 33,52 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} = 21,5 \frac{\text{кВт}}{\text{сут}}.$$

Расчеты сводим в таблицу 4.

													Лист
													10
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата								

Таблица 4 – Среднемесячное теплопотребление горячего водоснабжения

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$n_{\text{сут}}$	31	28	31	20; 10	31	30	31	31	30	20; 11	30	31
$Q_{\text{ГВ}}^{\text{мес}}$, кВт/мес.	1039,1	938,6	1039,1	670,4; 215	666,5	645	666,5	666,5	645	670,4; 236,5	1005,6	1039,1
$Q_{\Sigma} = Q_0^{\text{мес}} + Q_{\text{ГВ}}^{\text{мес}}$, кВт	5038,1	4410,6	4194,9	2109,4	666,5	645	666,5	666,5	645	2118,9	3741,6	4486,3

4 Интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации

Энергетическая освещенность, создаваемая излучением, поступающим на Землю непосредственно от солнечного диска в виде пучка параллельных солнечных лучей, называется прямой солнечной радиацией.

Прямая солнечная радиация, поступающая на верхнюю границу атмосферы, изменяется во времени в небольших пределах, поэтому ее называют солнечной постоянной (S_0). При среднем расстоянии от Земли до Солнца $149,5 \cdot 10^6$ км составляет около 1400 Вт/м кв.

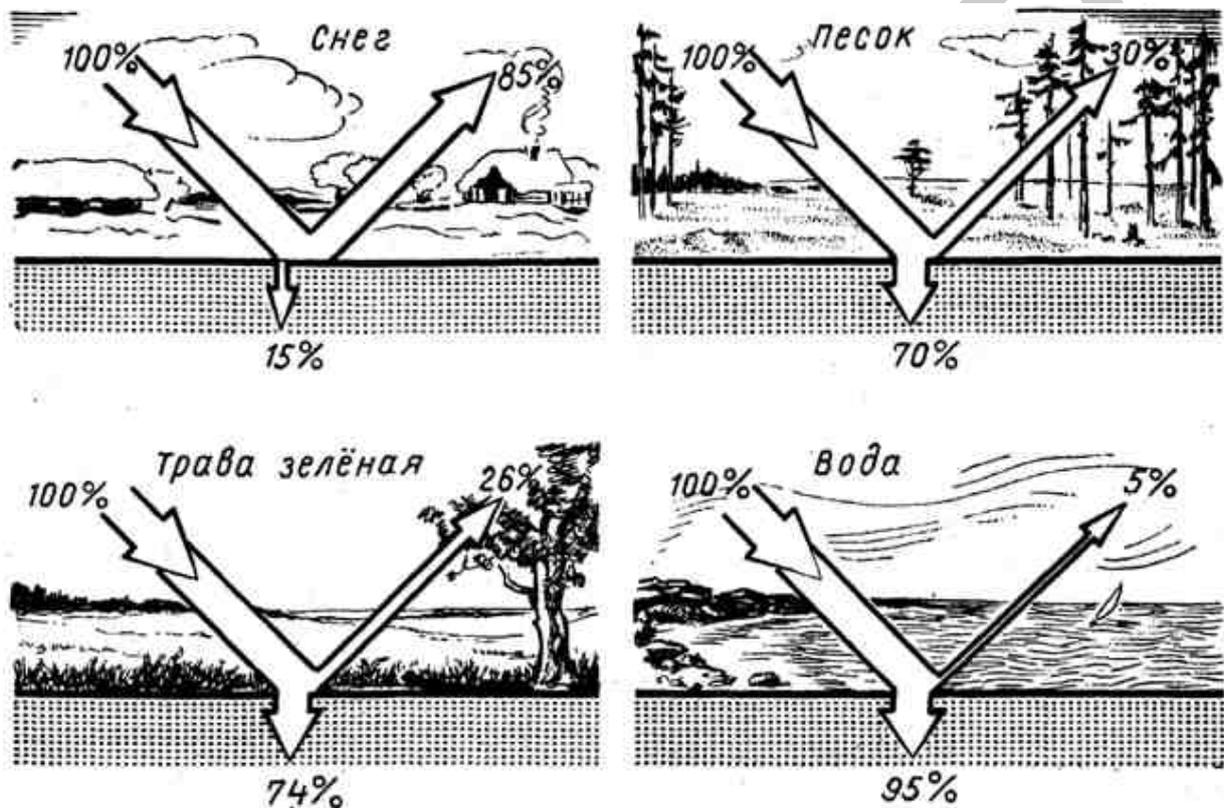


Рисунок 2 – Альbedo различных видов земной поверхности. Отношение количества отраженной от поверхности тела лучистой энергии к количеству падающей лучистой энергии называется альbedo

Прямая солнечная радиация несет наибольшее количество тепла и света. Если бы у нашей планеты не было атмосферы, земная поверхность получала бы только прямую радиацию.

Однако, проходя через атмосферу, примерно четвертая часть солнечной радиации рассеивается молекулами газов и примесями, отклоняется от прямого пути. Некоторая их часть достигает поверхности Земли, образуя

рассеянную солнечную радиацию. Благодаря рассеянной радиации свет проникает и в те места, куда прямые солнечные лучи (прямая радиация) не проникают. Эта радиация создает дневной свет и придает цвет небу.

Все солнечные лучи, поступающие на Землю, составляют суммарную солнечную радиацию, т. е. совокупность прямой и рассеянной радиации.

По приложению В для заданной широты местности выписываем в таблицу 5 интенсивность падающей солнечной радиации для каждого светового дня, для каждого месяца, суммируя теплопоступления в интервале времени с 8 до 16 часов.

Используя приложение В производим интерполяцию величин близлежащих широт и вычисляем величины, соответствующие заданной широте.

Таблица 5 – Интенсивность прямой I_s и рассеянной I_{θ} солнечной радиации для $52,2^{\circ}$, Вт · ч / м² на горизонтальную плоскость

Мес.	Часы									ΣI	$\frac{I_s^{cp}}{I_g^{cp}}$
	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I			$\frac{22}{58}$	$\frac{11}{58}$	$\frac{36}{94}$	$\frac{58}{105}$	$\frac{58}{105}$	$\frac{58}{58}$	$\frac{11}{69}$	$\frac{232}{511}$	$\frac{38,7}{73}$
II		$\frac{22}{58}$	$\frac{36}{58}$	$\frac{69}{105}$	$\frac{105}{138}$	$\frac{116}{163}$	$\frac{127}{163}$	$\frac{58}{58}$	$\frac{80}{105}$	$\frac{591}{812}$	$\frac{84,4}{101,5}$
III	$\frac{22}{58}$	$\frac{36}{69}$	$\frac{80}{127}$	$\frac{127}{174}$	$\frac{163}{208}$	$\frac{185}{221}$	$\frac{197}{221}$	$\frac{174}{191}$	$\frac{138}{160}$	$\frac{1100}{1249}$	$\frac{137,5}{138,8}$
IV	$\frac{58}{58}$	$\frac{127}{105}$	$\frac{208}{138}$	$\frac{279}{185}$	$\frac{302}{208}$	$\frac{313}{221}$	$\frac{313}{232}$	$\frac{279}{208}$	$\frac{232}{185}$	$\frac{2111}{1540}$	$\frac{234,6}{171,1}$
V	$\frac{116}{94}$	$\frac{208}{127}$	$\frac{302}{152}$	$\frac{371}{185}$	$\frac{418}{197}$	$\frac{429}{208}$	$\frac{418}{208}$	$\frac{382}{185}$	$\frac{338}{185}$	$\frac{2982}{1577}$	$\frac{331,3}{175,2}$
VI	$\frac{163}{94}$	$\frac{244}{127}$	$\frac{324}{163}$	$\frac{429}{185}$	$\frac{451}{197}$	$\frac{451}{208}$	$\frac{429}{221}$	$\frac{418}{208}$	$\frac{371}{185}$	$\frac{3280}{1588}$	$\frac{364,4}{176,4}$
VII	$\frac{138}{94}$	$\frac{232}{127}$	$\frac{329}{163}$	$\frac{360}{197}$	$\frac{407}{206}$	$\frac{418}{221}$	$\frac{396}{232}$	$\frac{371}{221}$	$\frac{313}{208}$	$\frac{2964}{1669}$	$\frac{329,3}{185,4}$
VIII	$\frac{80}{69}$	$\frac{152}{116}$	$\frac{244}{138}$	$\frac{313}{174}$	$\frac{360}{197}$	$\frac{371}{208}$	$\frac{360}{208}$	$\frac{324}{197}$	$\frac{279}{174}$	$\frac{2483}{1481}$	$\frac{275,9}{164,6}$
IX	$\frac{22}{36}$	$\frac{80}{69}$	$\frac{138}{116}$	$\frac{197}{138}$	$\frac{232}{163}$	$\frac{244}{174}$	$\frac{232}{174}$	$\frac{221}{169}$	$\frac{185}{138}$	$\frac{1551}{1177}$	$\frac{172,3}{130,8}$

03.58.003.16

Лист

14

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X		$\frac{36}{36}$	$\frac{47}{69}$	$\frac{94}{94}$	$\frac{116}{117}$	$\frac{125}{127}$	$\frac{138}{127}$	$\frac{116}{116}$	$\frac{80}{94}$	$\frac{716}{780}$	$\frac{102,3}{97,5}$
XI			$\frac{11}{22}$	$\frac{36}{58}$	$\frac{58}{60}$	$\frac{80}{94}$	$\frac{69}{94}$	$\frac{58}{80}$	$\frac{22}{58}$	$\frac{334}{466}$	$\frac{47,7}{66,6}$
XII			$\frac{11}{11}$	$\frac{22}{36}$	$\frac{22}{69}$	$\frac{47}{80}$	$\frac{47}{80}$	$\frac{36}{69}$	$\frac{22}{36}$	$\frac{196}{381}$	$\frac{33,2}{54,4}$

Чтобы производительность солнечного коллектора была максимальной очень важна ориентация и угол наклона коллектора. Чтобы поглощать максимальное количество солнечной энергии плоскость солнечного коллектора должна быть всегда перпендикулярна солнечным лучам. Однако всегда в зависимости от времени суток и года солнце светит на земную поверхность под различным углом. Поэтому для монтажа солнечных коллекторов необходимо знать оптимальную ориентацию в пространстве абсорбера солнечного коллектора. Для оценки оптимального ориентирования коллекторов учитывается вращение Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси, а также изменение расстояния от Солнца. Для определения положения солнечного коллектора или солнечной батареи необходимо учитывать основные угловые параметры:

– широта места установки φ – показывает, насколько место находится севернее или южнее от экватора, и составляет угол от 0° до 90° , отсчитываемый от плоскости экватора до одного из полюсов – северного или южного;

– часовой угол ω – переводит местное солнечное время в число градусов, которое солнце проходит по небу. По определению часовой угол равен нулю в полдень. Земля поворачивается на 15° за один час. Утром угол солнца отрицательный, вечером – положительный;

– угол солнечного склонения δ зависит от вращения Земли вокруг Солнца, поскольку орбита вращения имеет эллиптическую форму и сама ось вращения тоже наклонена, то угол меняется в течение года от значения 23.45° до -23.45° . Угол склонения становится равным нулю два раза в год в дни весеннего и осеннего равноденствия;

– угол наклона к горизонту β образуется между горизонтальной плоскостью и солнечной панелью. К примеру, при монтаже на наклонной крыше угол наклона коллектора определяется крутизной ската крыши;

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

– азимут α характеризует отклонение поглощающей плоскости коллектора от южного направления, при ориентировании солнечного коллектора точно на юг азимут = 0° .

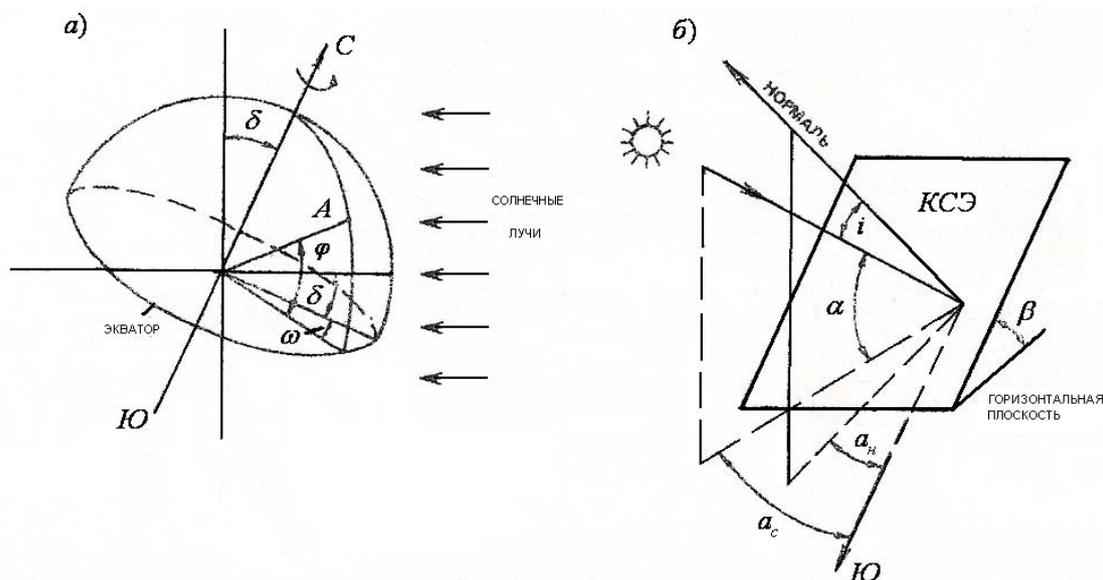


Рисунок 3 – Углы, характеризующие положение точки на земной поверхности (а) и наклонной поверхности коллектора солнечной энергии (б) относительно солнечных лучей: φ – широта местности; ω – часовой угол; δ – склонение солнца; i – угол падения солнечных лучей на наклонную поверхность КСЭ; α – угол высоты солнца; α_c – азимут солнца; α_n – азимут наклонной поверхности

Интенсивность падающей солнечной радиации для каждого светового дня определяется по выражению [3]:

$$q_i = P_s I_s + P_g I_g, \quad (4.1)$$

где P_s и P_g – коэффициенты расположения солнечного коллектора.

Коэффициенты расположения солнечного коллектора для рассеянной радиации зависят от угла наклона солнечного коллектора к горизонту (угол β). И, тогда,

$$P_g = \cos^2 \frac{\beta}{2} = 0,38. \quad (4.2)$$

Угол наклона коллектора к горизонту принимается [3]:

- для круглогодичных солнечных систем $\beta = \varphi$;
- для систем, работающих в летний период $\beta = \varphi - 15^\circ$.

Коэффициент расположения солнечного коллектора для прямой радиации P_s является функцией широты местности φ угла наклона коллектора β , угла склонения солнца δ , который зависит от времени дня. Для упрощения составлены таблицы [3], по которым определяют P_s в зависимости от широты местности φ и угла склонения солнца δ для каждого месяца.

Угол склонения солнца δ приведен в таблице [3].

Все расчеты сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – Интенсивность солнечной радиации, падающей на наклонную поверхность солнечного коллектора

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\delta, ^\circ$ (градус)	35	39	43	47	49	50	50	48	48	40	36	35
P_s	3,3	2,49	1,74	1,22	0,92	0,82	0,85	1,09	1,53	2,2	3,1	3,8
I_s	232	591	1100	2111	2982	3280	2964	2483	1551	716	334	196
I_δ	515	812	1249	1540	1577	1588	1669	1481	1177	780	466	381
$q_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ день}}$	961,3	1780,2	2388,6	3160,6	3342,7	3293	3153,6	3269,3	2820,3	1871,6	1212,5	889,6
$q_{i\Sigma}, \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 \text{ мес}}$	29,8	49,8	74,05	94,8	103,6	98,8	97,8	102,2	84,6	58,02	36,4	27,6

$$A_i = \frac{\sum Q_i}{\eta_i q_{i\Sigma}}, \quad (6.1)$$

где $\sum Q_i = Q_o^{\text{мес}} + Q_{\text{ГВ}}^{\text{мес}}$ – среднемесячное количество теплоты на отопление и горячее водоснабжение.

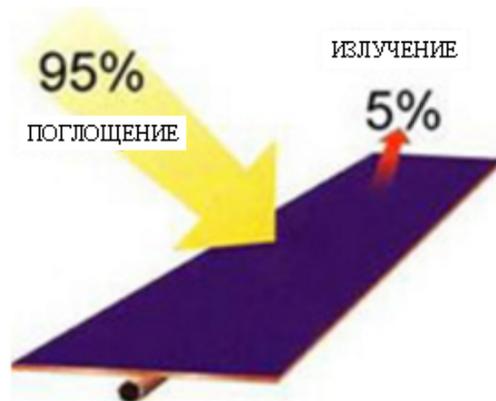


Рисунок 6 – Параметры поверхности солнечных коллекторов

Все расчеты сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Площадь коллекторов

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\sum Q_i$, кВт	5038,1	4410,6	4194,9	2109,4	666,5	645	666,5	666,5	645	2118,9	3741,6	4486,3
A_i , м ²	331	164	101	39	11	12	12	11	13	65	190	312

Принимаются солнечные коллекторы площадью A при максимальной величине $q_{i\Sigma}$.

$$Q_{iyc} = A\eta_i q_{i\Sigma} \cdot \quad (8.1)$$

Суммарное количество теплоты, получаемое от солнечной радиации:

$$Q_{yc} = \sum Q_{iyc} = 5854,2 \frac{\text{кВт}}{\text{мес}}$$

Таблица 12 – Количество теплоты, вырабатываемое солнечной системой

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$q_{i\Sigma}$, кВт/м ² ·мес	29,8	49,8	74,05	94,8	103,6	98,8	97,8	102,2	84,6	58,02	36,4	27,6
η_i	0,51	0,54	0,56	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56	0,54	0,52
$Q_{iуст}$, кВт/мес	182,4	322,7	571,6	648,4	708,6	675,8	669	699	578,7	389,9	235,9	172,2

\mathcal{G}_1 и \mathcal{G}_2 – скорости движения теплоносителя в трубном и межтрубном пространстве теплообменника, рекомендуется принимать от 0,5 до 1,0 м/с.

Задавшись скоростью воды \mathcal{G}_1 , вычисляем площадь живого сечения трубного пространства:

$$f_{\text{тр}} = \frac{G_1}{\rho \mathcal{G}_1} = \frac{0,16}{1000 \cdot 0,8} = 0,0002 \text{ м}^2,$$

где ρ – плотность нагреваемой воды, принимаем $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Выбираем скоростной подогреватель ТУ 78 УССР № 1 с техническими данными: $F^{\text{н}} = 0,37 \text{ м}^2/\text{секции}$; $f_{\text{тр}}^{\text{н}} = 0,00062 \text{ м}^2$; $f_{\text{м.тр}}^{\text{н}} = 0,00116 \text{ м}^2$ [2].

Уточняем действительную скорость нагреваемой воды

$$\mathcal{G}_1 = \frac{G_1}{\rho f_{\text{тр}}^{\text{н}}} = \frac{0,16}{1000 \cdot 0,00062} = 0,26 \text{ м/с}.$$

Приняв температуру нагрева теплоносителя в солнечных коллекторах равной $t_{\text{н}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ [2], определяем расход греющего теплоносителя:

$$G_2 = \frac{Q_{\text{гв}}^{\text{сп}}}{c_{\text{в}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}})} = \frac{33,52}{4190 \cdot (60 - 5)} = 0,15 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где $t_{\text{к}}$ – температура теплоносителя, поступающего в коллектор.

Определяем действительную скорость греющего теплоносителя:

$$\mathcal{G}_2 = \frac{G_2}{\rho f_{\text{м.тр}}^{\text{н}}} = \frac{0,15}{1000 \cdot 0,00116} = 0,13 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Находим k и A_T :

$$k = \frac{5500 \cdot 0,26^{0,8}}{1 + \left(\frac{0,26}{0,13}\right)^{0,8}} = 683,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}},$$

Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
						03.58.003.16			
									Лист 36

Заключение

В курсовой работе была проведена работа по расчету и проектированию солнечной системы теплоснабжения. Во время выполнения работы был произведен расчет тепловых мощностей систем отопления, горячего водоснабжения.

Была проведена работа по возможному применению гелиоколлекторов в современных системах отопления и горячего водоснабжения.

В ходе выполнения работы был произведен мониторинг данных, которые использовались при расчетах. Полученные результаты дают возможность перехода к независимости от тарифов на тепло, инфляции, нестабильности в бизнесе.

Представленные теоретические сведения и проделанные необходимые расчеты, а также обоснованный выбор основного и вспомогательного оборудования помогают осуществить экономичные, комфортные, экологически чистые решения при выборе и монтаже солнечной системы теплоснабжения.

						03.58.003.16	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Колич.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

ПРИЛОЖЕНИЯ

Репозиторий БГАТУ

ПРИЛОЖЕНИЕ А (формат А3)

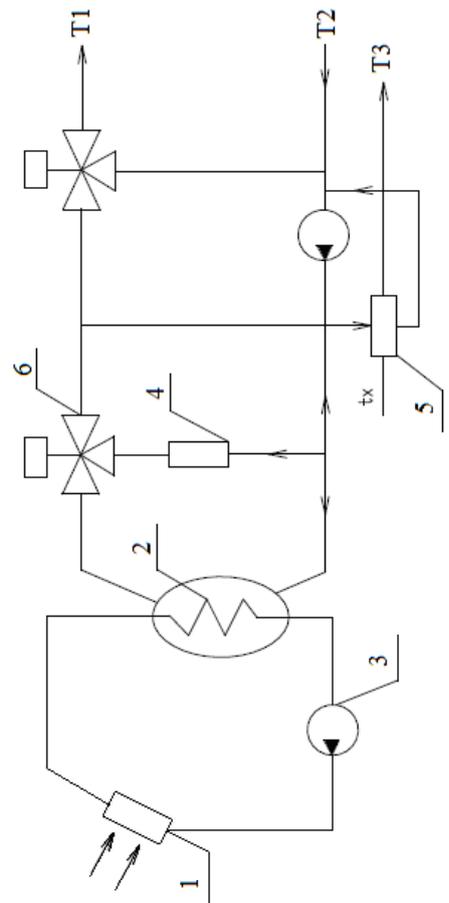
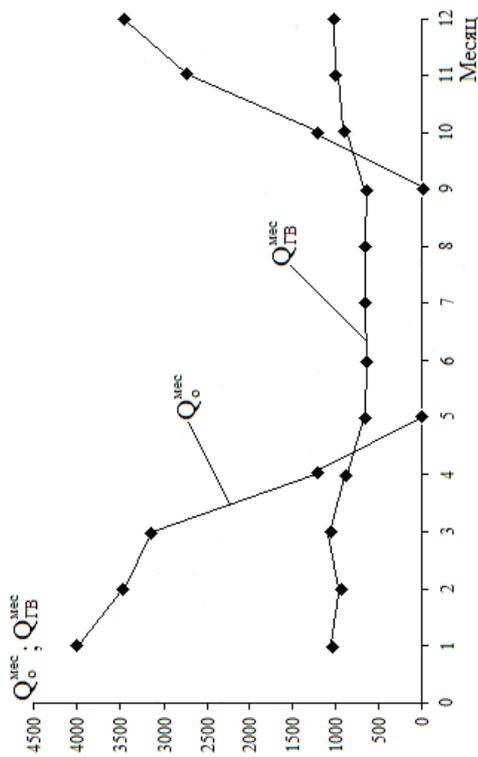


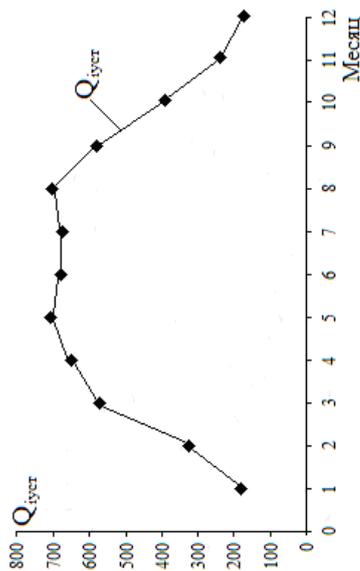
Схема солнечной системы теплоснабжения



Годовой график теплопотребления

Спецификация оборудования

Позиция	Наименование	Кол-во	Примечание
1	Солнечный коллектор	1	
2	Бак-аккумулятор	1	
3	Циркуляционный насос	1	
4	Котёл-дублёр	1	
5	Водоподогреватель	1	
6	Клапан трёхходовой регулирующий	1	

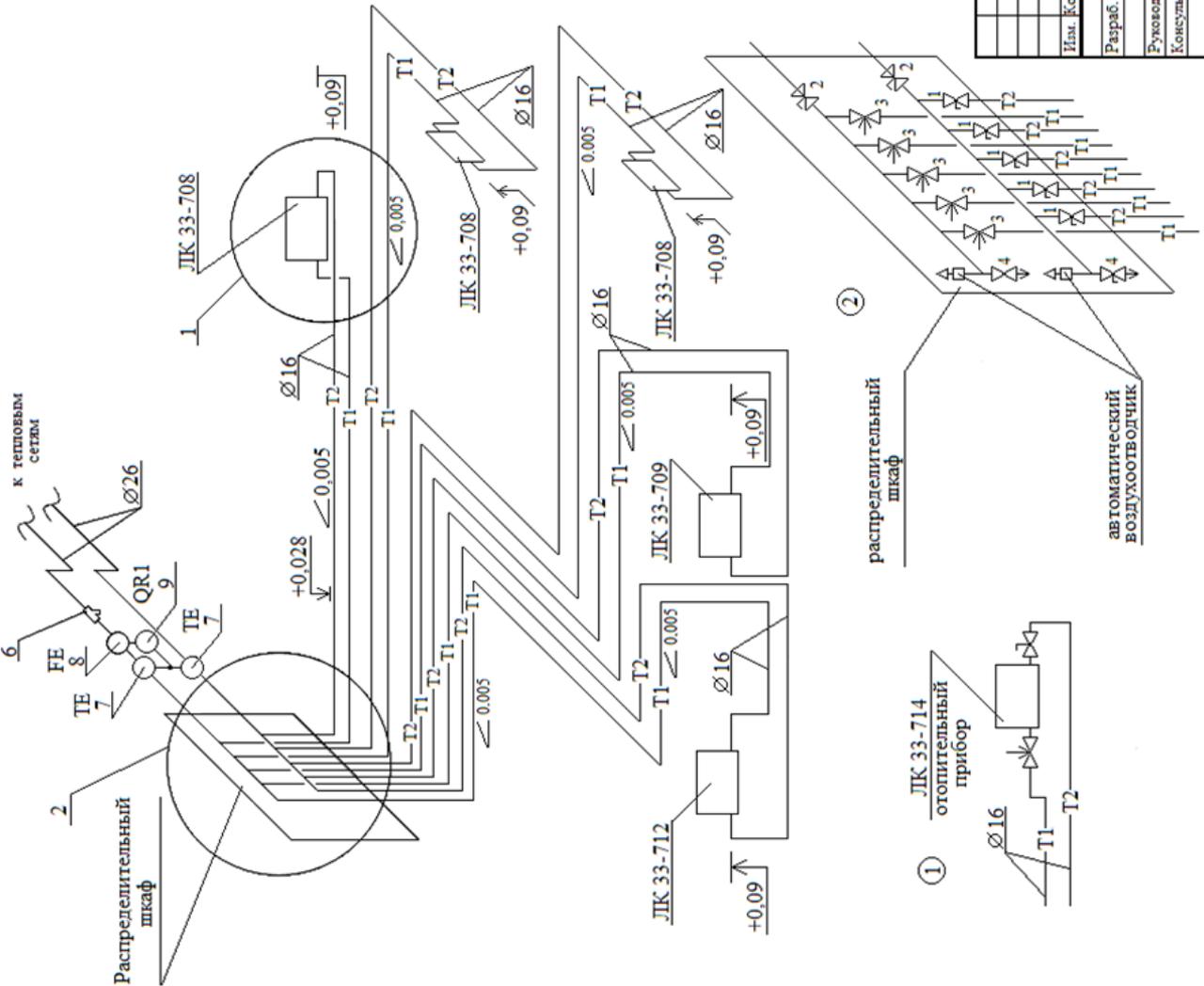


Годовой график теплопотупления

03.58.003.16 - ТС			
Энергосберегающие системы в АПК			
Изм.	Копия	Лист	Дата
Разраб.	Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения		Станция Лист 1
Руковод.	Солнечная система теплоснабжения		Листов 2
Консульт.	БГАТУ Шифр зачетной книжки		

Спецификация системы отопления

Позиция	Обозначение	Наименование	Кол. ед.	Масса ед. кг	Примеч.
1	ГОСТ 9544 - 93	Кран шаровой резьбовой Ду16	18	0,24	
2	ГОСТ 9544 - 93	Кран шаровой резьбовой Ду16	4	0,35	
3	ИСО 9001:2008	Кран регулирующий проходной Ду16	9	0,41	
4	ИСО 9001:2003	Кран дренажный шаровой Ду16	4	0,41	
5	ИСО 9001:2008	Кран термостатический регулирующий Ду16	9	0,32	
6	ИСО 9001:2008	Фильтр осадочный фланцевый	1	1,1	
7	ИСО 9001:2008	Датчик температуры KORF VSP	1		
8	ИСО 9001:2008	Датчик расхода воды MR 168	1		
9	Государственный реестр средств измерений	Теплосчетчик Струмень	1	1,9	
	№ РБ 03 10 1410 11				
	ГОСТ 31294-2005	Автоматический воздухоотводчик	4	0,25	
	ГОСТ 18599-2001	Металлопластиковая труба Ø16	284		м
	ГОСТ 18599-2001	Металлопластиковая труба Ø26	38		м
	ИСО 9001:2008	Радиатор "Лидея" 33-708	4	47,6	кг
	ИСО 9001:2008	Радиатор "Лидея" 33-709	2	53,1	кг
	ИСО 9001:2008	Радиатор "Лидея" 33-712	1	70,4	кг
	ИСО 9001:2008	Радиатор "Лидея" 33-714	1	81,5	кг
	ИСО 9001:2008	Радиатор "Лидея" 33-716	1	92,6	кг



03.58.003.16 - ТС			
Энергосберегающие системы в АПК			
Им.	Кол.	Лист	Дата
Разраб.			
Руковод.			
Консулт.			
Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения		Сталь	Лист
Солнечная система теплоснабжения		С	2
Солнечная система теплоснабжения		БГАТУ	Листов
Шифр зачетной книжки			2

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

Учебное издание

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ
В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Составители:

Коротинский Викотор Андреевич,
Клинцова Валентина Федоровна,
Ожелевский Александр Васильевич

Ответственный за выпуск *В. А. Коротинский*
Корректор *В. А. Гошко*
Компьютерная верстка *В. А. Гошко, А. В. Ожелевского*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 04.12.2017. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 12,09. Уч.-изд. л. 4,72. Тираж 50 экз. Заказ 35.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.