

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

Електротехнічний факультет

Кафедра Відновлюваних джерел енергії

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
магістерської дисертації

галузь знань 14 – Електрична інженерія

спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії)

освітній рівень магістр

кваліфікація 2143.2 Інженер-електрик в енергетичній сфері

на тему Дослідження потенціалу відновлюваних джерел енергії
для забезпечення потреб шляхопроводів через р. Дніпро в
межах центральної частини м. Дніпро

Виконавець:

студент II курсу, групи 141м-16-3

(підпис)

Леонова М.О

(прізвище та ініціали)

Керівники/консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Проекту	Шкрабець Ф.П.		
розділів:			
Раздел 1	Ципленков Д.В		
Раздел 2	Ципленков Д.В		
Раздел 3	Ципленков Д.В		
Раздел 4	Ципленков Д.В		
Раздел 5	Ципленков Д.В		
Раздел 6	Тимошенко Л.В.		
Рецензент	Ткаченко А.В.		
Нормоконтроль	Ципленков Д.В.		

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"**

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Відновлюваних джерел енергії

(повна назва)

Шкрабець Ф.П.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

“ 4 ” вересня 2017 року

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи магістра (магістерської дисертації)

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії)

студенту групи 141М-16-3 Леонова М.О.
(група) (прізвище та ініціали)

Тема магістерської дисертації Дослідження потенціалу відновлюваних джерел енергії для забезпечення потреб шляхопроводів через р. Дніпро в межах центральної частини м. Дніпро

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від 31 жовтня 2017 р № 1806-л

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень Процеси, які протікають при використанні альтернативних джерел енергії у системах освітлення шляхопроводів

Предмет досліджень Системи електрозабезпечення освітлення мостів за допомогою використання потенціалу відновлюваних джерел енергії

Мета НДР дослідження потенціалу місцевості розташування «Центрального» та Пішохідного мостів з точки зору можливості їх забезпечення електричної енергії за рахунок відновлюваних джерел енергії

Вихідні дані для проведення роботи статистичні дані значень сонячної інсоляції, швидкості вітру для кожної доби за період 2000...2017 рр. та загальні положення обраних шляхопроводів через р.Дніпро.

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна Визначення природного потенціалу безпосередньо для місцевості - розташування шляхопроводів для більш точної оцінки можливостей використання відновлювальних джерел енергії.

Практична цінність Розробка реальних оптимальних та економічно-доцільних автономних систем електропостачання з використанням відновлюваних джерел енергії

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

З метою оцінки корисності пропозицій автора, з результатами магістерської дисертації варто ознайомити спеціалістів ТОВ «Helios Strategia», які опікуються вирішенням питань розробки та впровадження інноваційних пропозицій щодо систем електропостачання об'єктів за допомогою ВДЕ.

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Аналіз літератури та останніх розробок в області альтернативної енергетики	04.09.2017 – 01.10.2017
Отримання загальних даних для моста №2 «Центральний» та Пішохідного моста на Монастирський острів	02.10.2017 – 25.10.2017
Визначення річної потреби в електричній енергії для кожного з обраних шляхопроводів з ціллю їх автономного енергозабезпечення.	26.10.2017 – 10.11.2017
Визначення потенціалу сонячної, вітро- та гідроенергетики в місцях розташування шляхопроводів.	11.11.2017 – 20.12.2017
Розробка автономних систем електропостачання для кожного з шляхопроводів з використанням альтернативних джерел енергії	21.12.2017-10.01.2017
Економічний розрахунок розроблених систем та визначення терміну їх окупності	11.01.2018 – 22.01.2017

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект полягає у підвищенні ефективності діяльності муніципальних об'єктів за рахунок використання ВДЕ у системах електропостачання шляхопроводів, що призводить до більш доцільного використання природних ресурсів.

Соціальний ефект полягає у зниженні екологічно-небезпечних чинників, що згубно впливають на стан людського здоров'я за рахунок використання відновлюваних ресурсів місцевості, як екологічно чистого джерела енергії.

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Дипломна робота повинна бути оформлена відповідно до ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання

Завдання видав

(підпис)

Шкрабець Ф.П.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Леонова М.О.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 04.09.2017

Термін подання дисертації до ЕК

22.01.2018

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: с. 119., 41 рис., 13 табл., 42 источников.

Цель дипломной работы: Исследование потенциала солнечной, ветровой и гидроэнергии на местности расположения «Центрального» и Пешеходного мостов с точки зрения его применения для автономных систем электроснабжения - систем освещения за счет возобновляемых источников энергии.

Во введении отображена актуальность применения автономных систем электроснабжения муниципальных объектов за счет альтернативных источников энергии.

В первом разделе выполнен анализ литературных источников, а также приведены краткие сведения применяемых на сегодняшний день технологий преобразования энергии ВИЭ. Приведены краткие сведения рассматриваемых путепроводов и местностей их расположения.

Во втором разделе были определены типы и мощности светильников, расположенных на каждом из мостов. Выполнены светотехнические расчеты для проверки соответствия системы освещения действующим нормативным документам.

В разделах третьем и четвертом были определены потенциалы солнечной, ветровой и гидроэнергии для «Центрального» и Пешеходного мостов соответственно.

В пятом разделе были определены виды возобновляемых источников энергии для питания мостов, в соответствии с выполненными исследованиями потенциала местности, рассчитаны необходимые параметры автономных систем электроснабжения мостов. Выполнен подбор оборудования для «Центрального» и Пешеходного мостов соответственно.

В шестом разделе выполнен анализ технико-экономических показателей систем освещения «Центрального» и Пешеходного мостов, а также расчет окупаемости разработанных систем электроснабжения.

Ключевые слова: потенциал, возобновляемые источники энергии, электроснабжение, автономные системы, гибридная система, альтернативные источники, муниципальные объекты.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 119 с., 41 рис., 13 табл., 42 джерел.

Мета дипломної роботи: Дослідження потенціалу сонячної, вітрової та гідроенергії на місцевості розташування «Центрального» та Пішохідного мостів з точки зору його застосування для автономних систем електропостачання - систем освітлення за рахунок поновлюваних джерел енергії.

У вступі відображена актуальність застосування автономних систем електропостачання муніципальних об'єктів за рахунок альтернативних джерел енергії.

У першому розділі виконаний аналіз літературних джерел, а також наведені короткі відомості застосовуються на сьогоднішній день технологій перетворення енергії ВДЕ. Наведено короткі відомості розглянутих шляхопроводів і місцевостей їх розташування.

У другому розділі були визначені типи і потужності світильників розташованих на кожному з мостів. Виконано світлотехнічні розрахунки для перевірки відповідності системи освітлення з чинними нормативними документами.

У розділах третьому і четвертому були визначені потенціали сонячної, вітрової та гідроенергії для «Центрального» та Пішохідного мостів відповідно.

У п'ятому розділі були визначені поновлювані джерела енергії для забезпечення мостів, відповідно до результатів дослідження потенціалів місцевостей, розраховані необхідні параметри автономних систем електропостачання мостів. Виконано підбір обладнання для «Центрального» та Пішохідного мостів відповідно.

У шостому розділі виконано аналіз техніко-економічних показників систем освітлення «Центрального» та Пішохідного мостів, а також розрахунок окупності розроблених систем електропостачання.

Ключові слова: потенціал, поновлювані джерела енергії, електропостачання, автономні системи, гібридна система, альтернативні джерела, муніципальні об'єкти.

Abstract

Explanatory note: 119 pp., 41 figures, 13 tables, 42 sources.

The aim of the work: Research of the solar, wind and hydropower potentials in the location of the "Central" and Pedestrian bridges from the point of view of its application for standalone power supply systems - lighting setups with help of renewable energy sources.

Introduction highlights relevance of using standalone power supply systems for municipal facilities through alternative energy sources.

First section analyzes literature sources and brings brief data of conversion RES energy technologies, used nowadays. Information about overpasses and locations of their disposal are given.

In the second section, the types and capacities of the luminaires located on each of the bridges were determined. Lighting calculations were performed for the compliance of the lighting system with the current regulatory documents.

In sections three and four, the potentials of solar, wind and hydropower were determined for the "Central" and Pedestrian bridges, respectively.

In the fifth section, the types of renewable energy sources for feeding bridges were determined, the necessary parameters of standalone power supply systems for bridges were calculated in accordance with the carried out research of the terrain potential. The selection of equipment were made for the "Central" and Pedestrian bridges, respectively.

In the sixth section, the analysis of technical and economic indicators of the lighting systems of the "Central" and Pedestrian bridges is carried out, as well as the calculation of the payback of the developed power supply systems.

Keywords: potential, renewable energy sources, power supply, standalone systems, hybrid system, alternative sources, municipal facilities.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	10
ВВЕДЕНИЕ.....	11
Раздел 1 Общие положения.....	13
1.1. Анализ последних исследований и публикаций.....	13
1.2. Возможности использования возобновляемых источников в Днепропетровской области.....	15
1.3. Преобразователи энергии возобновляемых источников.....	21
1.3.1 Краткий обзор преобразователей солнечной энергии.....	21
1.3.2. Краткий обзор преобразователей энергии ветра.....	22
1.3.2. Краткий обзор преобразователей кинетической энергии потоков воды.....	25
1.4. Общие данные о «Центральном» мосте в г. Днепр.....	28
1.5. Общие данные о Пешеходном мосте в г. Днепр.....	31
Раздел 2 Расчет мощности осветительных установок путепроводов.....	33
2.1. Нормативные положения для расчета систем освещения путепроводов.....	33
2.2. Основные светотехнические характеристики.....	35
2.3. Расчет осветительных системы для «Центрального» моста.....	38
2.4. Проверка расчета системы освещения «Центрального» моста с помощью программного аппарата Light-in-Night Road.....	42
2.5. Расчет осветительной системы для Пешеходного моста.....	47
2.6. Энергосбережение в системах наружного освещения Пешеходного моста.....	49
Раздел 3 Изучение потенциала возобновляемых источников энергии в районе «Центрального» моста.....	54
3.1. Определение валового потенциала с помощью статистического анализа данных солнечной инсоляции в районе «Центрального» моста.....	54
3.2. Определение технического потенциала солнечной энергии.....	56
3.2.1. Пересчет солнечной инсоляции в зависимости от угла установки ФЭМ.....	57
3.2.2. Пересчет солнечной инсоляции в зависимости от площади применяемых ФЭМ.....	60
3.2.3. Определение значения солнечной инсоляции с учетом температурного коэффициента панели.....	61

3.3. Определение ветрового потенциала в районе «Центрального» моста.....	66
3.1.1. Определение валового потенциала с помощью статистического анализа данных скорости ветра в районе «Центрального» моста	66
3.1.2. Определение ветрового технического потенциала в районе «Центрального» моста	72
3.4. Определение валового потенциала гидроэнергетических ресурсов в районе «Центрального» моста	73
Раздел 4 Изучение потенциала возобновляемых источников энергии в районе Пешеходного моста.....	77
4.1. Определение потенциала солнечной инсоляции в районе пешеходного моста	77
4.1.1. Определение валового потенциала с помощью статистического анализа данных солнечной инсоляции в районе Пешеходного моста	77
4.1.2. Определение технического потенциала солнечной энергии в районе Пешеходного моста.....	77
4.2. Определение ветрового потенциала в районе Пешеходного моста.....	78
4.2.1. Определение валового потенциала с помощью статистического анализа данных скорости ветра в районе Пешеходного моста	78
4.2.2. Определение ветрового технического потенциала в районе Пешеходного моста.....	82
4.3. Определение валового потенциала гидроэнергетических ресурсов в районе Пешеходного моста.....	82
РАЗДЕЛ 5 Расчет систем электроснабжения для обеспечения потребностей путепроводов	85
5.1. Расчет автономной осветительной системы «Центрального» моста.....	85
5.2. Расчет автономной осветительной системы Пешеходного моста	94
РАЗДЕЛ 6 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	101
6.1. Расчет капитальных инвестиций	101
6.2. Расчет эксплуатационных расходов.....	104
6.2.1 Расчет амортизационных отчислений.....	104
6.2.2 Расчет годового фонда заработной платы	105
6.2.3 Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования.	105
6.3 Экологический эффект использования ВИЭ.....	106

6.4. Расчет экономической эффективности	107
ВЫВОДЫ ПО МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ.....	112
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	115
ПРИЛОЖЕНИЕ А	120
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	125
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	145

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВИЭ – возобновляемые источники энергии;

ФЭМ – фотоэлектрический модуль;

ГЭС – гидроэлектростанция;

АКБ – аккумуляторная батарея;

ОП – осветительный прибор;

КПД – коэффициент полезного действия.

ВВЕДЕНИЕ

За последнее десятилетие в связи с техническим прогрессом, возникновением экологических проблем, а так же значительным истощением ископаемого топлива необходимым направлением в энергетике стало использование возобновляемых источников энергии. Сегодня, несмотря на то, что при использовании данного вида ресурсов связано достаточно много проблем, альтернативная энергетика широко внедряется и стремительно развивается.

Рост потребностей в электроэнергии для питания большого количества электроприборов как бытового, так и промышленного назначения требует увеличения объема вырабатываемой станциями электроэнергии. Несмотря на то, что существующие на сегодняшний день сети проектировались и строились с учетом возможного наращивания мощностей, на данный момент они требуют замены устаревшего оборудования, а так же частичной их разгрузки. Последнее осуществляется отключением потребителей от централизованных сетей и их переводом на электроснабжение за счет автономных станций, работающих на возобновляемых источниках энергии. Такие станции имеют экономическую целесообразность в том случае, если место их установки характеризуется высоким потенциалом «зеленых» источников энергии.

Актуальность данной магистерской диссертации заключается в исследовании потенциалов возобновляемых источников энергии на локальных территориях, ограниченных расположением конкретных муниципальных объектов и в использовании результатов исследований для разработки эффективных автономных систем электроснабжения с применением ВИЭ. Такой подход дает возможность максимально эффективно использовать энергию возобновляемых ресурсов, повысив при этом долю генерируемой электроэнергии за счет энергии альтернативных источников, а также позволяет решить некоторые экологические и социальные проблемы.

Объект исследований: потенциал возобновляемых источников энергии непосредственно солнечной, ветровой и гидроресурсов.

Субъектами исследований были выбраны путепроводы в центральной части города Днепр:

- мост №2 «Центральный»;
- пешеходный мост на Монастырский остров.

Целью дипломного проекта «Исследование потенциала возобновляемых источников энергии для обеспечения потребностей путепроводов через р. Днепр в пределах центральной части г. Днепр» является исследование потенциала местности расположения «Центрального» и Пешеходного мостов с точки зрения возможности их обеспечения электрической энергии за счет возобновляемых источников энергии.

Задачи проекта:

Расчет системы освещения и выбор мощности и типа светодиодных уличных светильников для каждого из мостов;

Расчет электроэнергии для полного энергообеспечения объектов;

Определение валового и технического потенциала солнечных, ветро- и гидроресурсов отдельно для каждой локальной территории расположения объектов;

Определение основных видов ВИЭ, которые целесообразно использовать для построения систем электроснабжения мостов;

Подбор оборудования для обеспечения электроэнергией осветительных систем;

Разработка схемы электроснабжения для моста №2 «Центральный» и Пешеходного моста;

Расчет экономических затрат на реализацию систем электроснабжения и расчет срока окупаемости установок.

РАЗДЕЛ 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Анализ последних исследований и публикаций

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии практически неисчерпаемы. Костецкий В.В. [1] отмечает, что их потенциал почти неизменный во времени, они не нуждаются в специальной добыче и транспортировке, практически не загрязняют окружающую среду. Поэтому, несмотря на отдельные колебания показателей использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии по видам, общие результаты в течение последних лет свидетельствуют о тенденции к увеличению использования нетрадиционной энергетики и альтернативного топлива.

Кроме того, положительным моментом является то, что Украина обладает значительными возобновляемыми энергетическими ресурсами и существенным потенциалом для повышения энергоэффективности [2].

Отмечая объективную необходимость поиска направлений роста энергетической независимости страны, А.В. Прокоп, В. С. Дудюк и Р. Б. Колесник [3] акцентируют внимание на организационных и эколого-экономических основах освоения потенциала возобновляемых источников энергии.

Л. Ю. Матвийчук и Б. П. Герасимчук [4] отмечают, что неотложным шагом в направлении улучшения энергетической ситуации, уменьшения энергозависимости Украины, а также дальнейшей интеграции в Европейское содружество, должна стать всесторонняя поддержка государством развития и внедрения альтернативных энергетических установок в регионах с высокими показателями экономической целесообразности. Дальнейшее развитие альтернативной энергетики в Украине требует гармонизации интересов бизнеса, государства и регионов и учета эффектов в сфере охраны окружающей среды [5].

Вместе с тем, вопросы использования возобновляемых источников энергии с учетом специфики функционирования объектов муниципальной сферы

раскрыты еще далеко не в полном объеме. Также следует заметить, что анализ и систематизация факторов, определяющих развитие нетрадиционной и возобновляемой энергетики, а также выделение факторов, влияющих на использование данных энергоресурсов на муниципальном уровне приводит к необходимости усовершенствования методических подходов к обоснованию выбора восстанавливаемого источника энергии для муниципальных объектов не только по эколого-экономическим, но и технико-технологическим критериям, что будет способствовать распространению использования возобновляемых энергоресурсов в муниципальном секторе.

Согласно Закону Украины «Об альтернативных источниках энергии» к таким источникам отнесены солнечная, ветровая, геотермальная энергия, энергия волн и приливов, гидроэнергия, энергия биомассы, газа из органических отходов, газа канализационно-очистных станций, биогазовых, а также вторичные энергетические ресурсы, к которым принадлежат доменный и коксовый газы, газ метан дегазации угольных месторождений, преобразования сбросного энергетического потенциала технологических процессов [6].

Достаточно весомое влияние на использование возобновляемой энергетики в муниципальной сфере оказывают природно-географические факторы, которые характеризуют как обеспеченность региона, где расположены муниципальные образования, собственными традиционными энергоресурсами, что может выступать как препятствие в привлечении ВИЭ, так и определяют возможности формирования потенциала возобновляемых энергоресурсов путем учета географических особенностей региона. При этом определяются: валовый (теоретический) потенциал ВИЭ, то есть годовой объем энергии, содержащейся в данном виде ВИЭ при полном ее превращении в полезно используемую энергию; технический ресурс (потенциал) ВИЭ, как часть валового потенциала, преобразование которого в полезную энергию возможно при существующем уровне развития технических средств и соблюдении требований по охране окружающей природной среды; экономический потенциал ВИЭ, как часть технического потенциала, преобразование которого в полезную используемую

энергию экономически целесообразно при данном уровне цен на ископаемое топливо, тепловую и электрическую энергию, оборудование, материалы, транспортные услуги, оплату труда и т. п. [7].

Анализ технических возможностей, достижений науки и техники свидетельствует о том, что регионы предпочитают различные виды ВИЭ, адаптируя их использование к местным условиям. В технико-технологическом плане наиболее динамично развиваются такие виды энергоресурсов как: ветроэнергетика, биоэнергетика, солнечная энергетика и использование кинетической энергии водного течения.

Ученые отмечают, что не внедряя новые виды ВИЭ, не вкладывая средств в технологии, не развивая производство на базе новых технологий, страна консервирует технологическую отсталость и может упустить свой шанс войти в европейское сообщество [8].

Поэтому исследование возможностей использования источников и инструментов внедрения проектов по ВИЭ в муниципальной сфере является крайне необходимым [9].

1.2. Возможности использования возобновляемых источников в Днепропетровской области

Развитие технологий в области альтернативной энергетики позволяет переходить на новый уровень генерации за счет более эффективного преобразования энергии от возобновляемых источников в другие виды энергии (тепловую, электрическую). Однако, немаловажным фактором является количество природных ресурсов, которые могут быть для этого использованы. Прогнозирование природных явлений и статистика распределения в определенный интервал времени необходимого параметра, характеризующего используемый природный источник, являются важнейшими составляющими для правильного использования существующих технологий, а также расчета и подбора необходимого оборудования.

Общий анализ региона по пригодности использования в нем возобновляемых источников энергии выполняется на основании справочных данных, картах распределения параметров изучаемого вида источника энергии и т.д.

Украина имеет достаточный ресурс солнечной энергии, который может быть использован в энергетических целях. Общий потенциал выработки солнечной энергии составляет 28,8 млрд. кВт·ч в год, хотя фактически достигнутые показатели в сотни тысяч раз ниже. Приблизительно на 80% территории Украины уровень инсоляции не опускается ниже 3 (кВт/м²)/сут, что в сравнении с другими странами Европы является очень перспективным результатом. А значит, установка солнечных коллекторов может стать новым витком в развитии энерготехнологий как Украины, так и других южно-европейских областей.

Существующие на сегодняшний день карты солнечной активности иллюстрируют усредненные значения данной солнечной инсоляции для предварительной и ориентировочной оценки местности. Как отмечают Е.И.Славута, В.В.Звягина [10], в сфере использования солнечной энергии наиболее перспективными являются Одесская, Херсонская, Днепропетровская области. Высоким уровнем активности считаются показатели в 5 (кВт/м²)/сут, а на территории Днепропетровской области в летний период коэффициент зачастую превышает отметку в 6 единиц, что делает данную область привлекательной для использования солнечного потенциала в энергетических целях. По данным Европейской Комиссии [11] ежегодная инсоляция на территории Днепропетровской области, находится в пределах 1300 до 1350 кВт/м² (рис. 1.1).

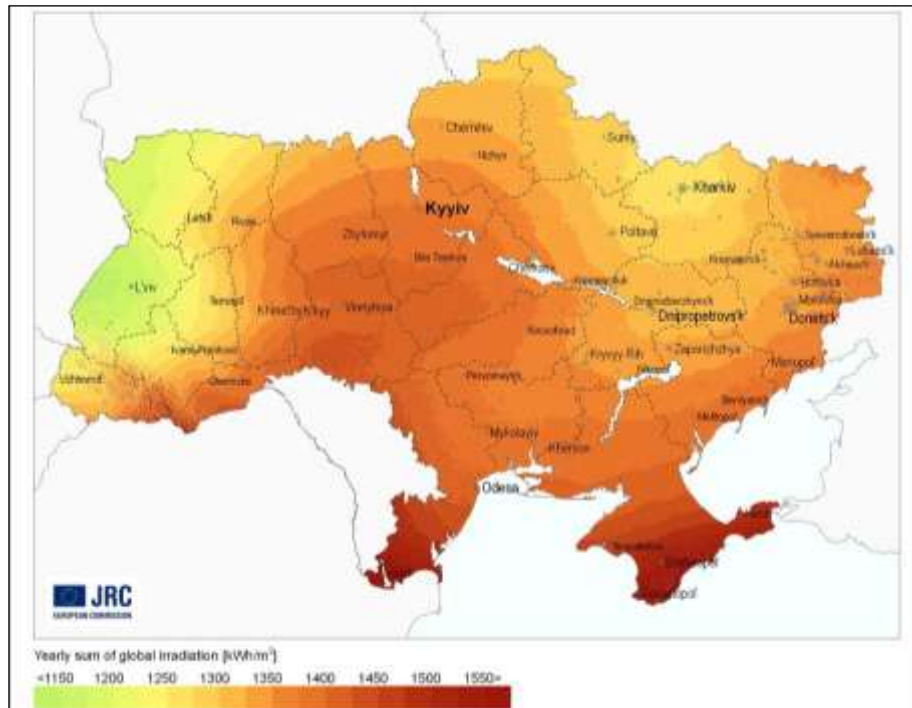


Рисунок 1.1 – Распределение значений ежегодной инсоляции на территории Украины.

Карты распределения инсоляции по областям являются предшествующими данными для определения валового, технического и экономического потенциалов. На сегодняшний день уже существуют данные потенциалов солнечной энергии для каждой из областей Украины (рис.1.2).

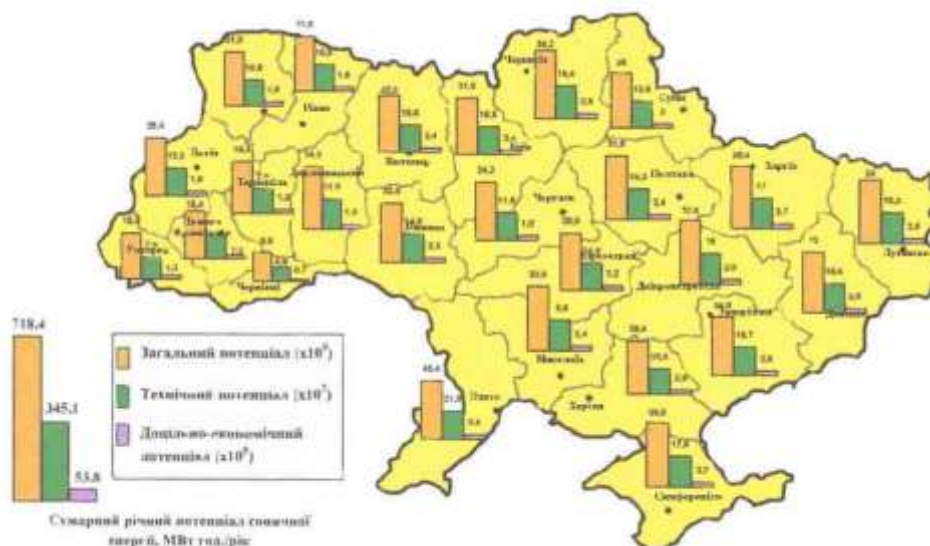
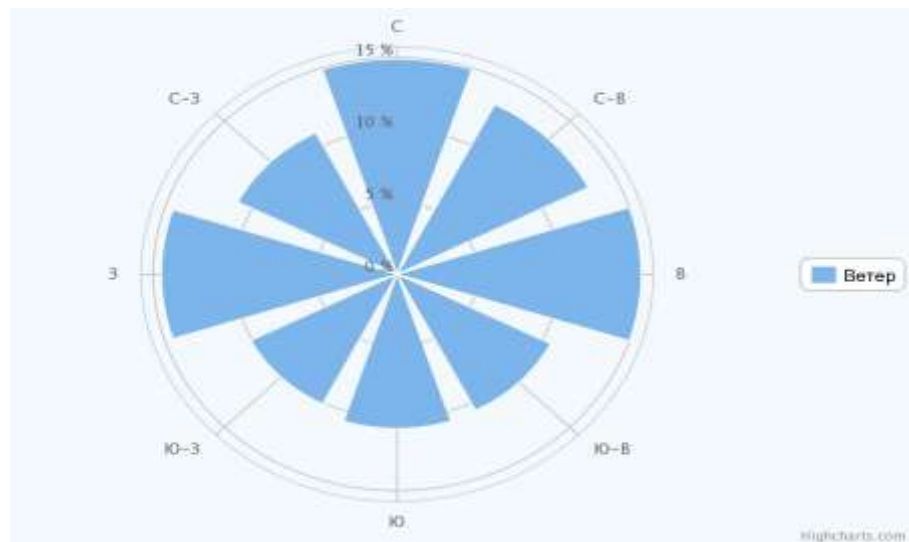


Рисунок 1.2 – Потенциал солнечной энергии на территории Украины

Для долины Днепра характерна долинная циркуляция, усиленная бризовой циркуляцией на берегах водохранилищ. В Днепровской речной зоне скорость ветра может достигать 6-6,5 м/с. При установке преобразователей ветровой энергии главным условием является правильное расположение лопастей относительно набегающего ветрового потока. Летом направление ветра преимущественно юго-западное, зимой преобладает ветер в северном, а также северо-восточном. Пропорции повторяемости ветров по многолетним метеорологическим данным представлен на рис.1.4 [13]. Преимущественное направление ветра в течении года северное и составляет 14,9 %.



С ↓	С-В ↗	В ←	Ю-В ↘	Ю ↑	Ю-З ↙	З →	С-З ↖
Северный	Северо-Восто...	Восточный	Юго-Восточный	Южный	Южный-Запад...	Западный	Северо-Запад...
14.9%	13.2%	15%	10.6%	10.7%	10.1%	14.5%	11%

Рисунок 1.4 – Повторяемость направления ветра по румбам в %

Ветроэнергетические показатели выбранной области являются удовлетворительными для относительно постоянной работы ветрогенераторов. Однако, улучшения работы ВЭУ и увеличение их потенциала в значительной степени зависит от места их расположения. Идеальные места для использования энергии ветра – протяженные, продуваемые со всех сторон равнины,

расположенные на возвышенностях либо в непосредственной близости рек, морей озер. Именно на таких территориях среднегодовая скорость ветра превышает 5 м/с, что обеспечивает эффективную работу ВЭУ и позволяют выйти на необходимый уровень генерации.

Использование природных гидроэнергетических параметров, также является одним из перспективных направлений возобновляемых источников энергии. Территория Днепропетровской области составляет 31,9 тыс. км² (5,3% территории Украины). Она полностью расположена в бассейне Днепра [14].

Днепр — типичная равнинная река с медленным и спокойным течением. Он имеет извилистое русло, образует рукава, перекаты, острова, протоки и отмели. Делится на три части: верхнее течение — от истока до Киева (1320 км), среднее — от Киева до Запорожья (555 км) и нижнее — от Запорожья до устья (325 км) [15].

Днепр относится к большим равнинным рекам. Длина реки в пределах области составляет 240 км и представлена двумя обособленными участками течения, разграниченными территорией Запорожской области. На участке Киев-Днипро река имеет юго-восточное направление.

Сложные расчёты стока Днепра за более чем 120-летний период наблюдений (начиная с 1881 г.) позволили установить средний показатель многолетнего расхода воды в районе Киева, составивший 1370 м³/с (43,2 км³ в год). Максимальный средний годовой расход наблюдался в 1970 г. — 2490 м³/с (78,5 км³), а минимальный (1921 г.) — 600 м³/с (18,9 км³). Сток Днепра является транзитным: средний многолетний сток на входе в область составляет 1690 м³/с, на выходе из области 1730 м³/с. Глубина реки различные: есть перекаты, где глубина едва достигает 5 метров, есть ямы до 20 — 30 метров [16]. Наиболее вероятная глубина реки — 3-7 м, скорость течения — 0,3-1,2 м/с; преобладающая скорость течения на нижележащих участках порядка 0,6-0,7 м/с.

При использовании гидропотенциала реки Днепр можно достичь значительной экономии топливно-энергетических ресурсов, причем развитие гидроэнергетики будет способствовать децентрализации общей энергетической системы, чем решит ряд проблем в энергоснабжении отдаленных и труднодоступных районов сельской местности и объектов муниципальной сферы.

1.3. Преобразователи энергии возобновляемых источников

1.3.1 Краткий обзор преобразователей солнечной энергии

Преобразование солнечной энергии в электрическую осуществляется с помощью применения фотоэлектрических элементов. При изготовлении фотоэлементов применяются неоднородные проводниковые материалы, которые обуславливают наличие p- и n- полупроводниковых слоев, между которыми в свою очередь образуется p-n переход. Под воздействием солнечного излучения происходит передача энергии электронам, достаточная для их перемещения через p-n переход. Таким образом, отрицательные электроны покидают p-проводник, переходя в проводник n, положительные – наоборот. В результате чего в цепи начнет протекать электрический ток. В настоящее время, для генерации электрической энергии используются солнечные панели на основе кремния, теллурида кадмия CdTe, соединения медь-индий (галлий)-селен Cu(InGa)Se₂, а также концентраторные батареи на основе арсенида галлия (GaAs). Солнечные батареи (СБ) на основе кремния составляют на сегодняшний день порядка 85% всех выпускаемых солнечных панелей. Различают два основных типа кремниевых СБ – на основе монокристаллического кремния (crystalline-Si, c-Si) и на основе мульткристаллического (multicrystalline-Si, mc-Si) или поликристаллического. Монокристаллические модули более эффективны чем поликристаллические, однако их работа может осуществляться лишь в безоблачную погоду при прямом попадании солнечного света на их поверхность.

Эффективность монокристаллических панелей на сегодняшний день может достигать 26%. Основным недостатком кремниевых модулей является низкий коэффициент поглощения. В этом случае, были разработаны тонкоплёночные фотоэлектрические модули на прямозонных полупроводниках – GaAs, CdTe, Cu(InGa)Se₂, и даже некоторые модифицированные формы Si. Они способны поглощать требуемое количество солнечной энергии при толщине всего в несколько микрон. Цена данных солнечных панелей более низкая, однако и коэффициент полезного действия не превышает 17%.

Наиболее дорогими, но в тоже время эффективными являются концентраторные солнечные модули. Эффективность преобразованного ими солнечного потока может составлять до 44%. Сами они состоят из большого количества полупроводниковых слоев, которые выращены друг на друге слой за слоем. Наиболее успешной является структура, состоящая из трех слоев: Ge (нижний полупроводник и подложка), GaAs и GaInP. Однако применение данного вида солнечных панелей имеет целесообразность использоваться только в тех регионах, где круглый год имеется в достатке прямое солнечное излучение.

1.3.2. Краткий обзор преобразователей энергии ветра

Получение электрической энергии из энергии ветра осуществляется посредством применения ветрогенераторов. Существует два основных вида установок: ветроустановки с вертикальной осью вращения и с горизонтальной. Наиболее часто применяются ветроустановки с горизонтальной осью вращения.

Коэффициент использования мощности C_p которых имеет наибольшее значение – 0,593, на практике обычно 0,4 – 0,45. Вращающей силой данных ВЭУ является подъемная сила. ВЭУ так называемого пропеллерного типа должны быть ориентированы на ветер, что требует наличия в конструкции ВЭУ механизмов и систем ориентации для непрерывного слежения за ветровой обстановкой, поиска направления с максимальным ветровым потенциалом. Данное условие определяет более сложную конструкцию.

В случае с вертикально-осевыми задача ориентации на ветер стоит не так строго, так как его эффективность принципиально не зависит от направления ветра, в связи с чем отпадает необходимость в механизмах и системах ориентации на ветер. Неравенство характеристик ветрового потока по высоте приводит лишь к некоторому выравниванию моментов поворота, снимаемых с лопастей. Вертикально-осевые ВЭУ в свою очередь делятся на следующие виды:

Ветрогенераторы на основе ротора Савониуса (рис 1.5, а);

Ветрогенераторы Дарье (рис 1.5, б);

Ветрогенераторы Дарье Н-типа (рис 1.5, в);

Геликоидные ветрогенераторы. (рис. 1.6).

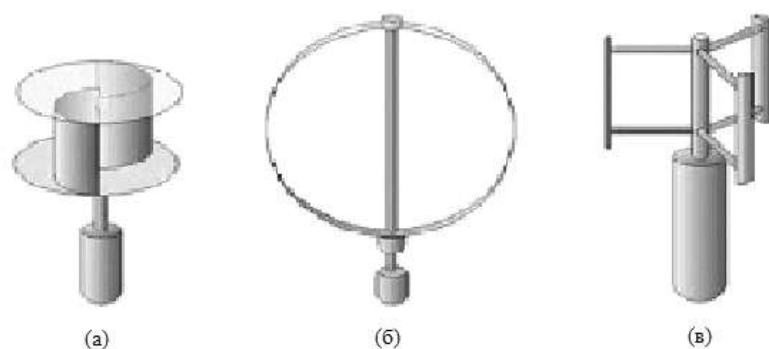


Рисунок 1.5 – Виды ветрогенераторов с вертикальной осью вращения:
 а – ветрогенераторы на основе ротора Савониуса; б – ветрогенераторы Дарье;
 в – ветрогенераторы Дарье Н-типа.



Рисунок 1.6 – Геликоидный ветрогенератор

Главное достоинством ветрогенераторов с ротором Савониуса является его способность запускаться при малых значениях скорости ветра.

Ротор Дарье относится к ветроприемным устройствам, использующим подъемную силу, которая возникает на выгнутых лопастях, имеющих в поперечном сечении профиль крыла. Ротор имеет сравнительно небольшой начальный момент, но большую быстроходность, в силу этого – относительно большую удельную мощность, отнесенную к его массе или стоимости.

Работа ротора Дарье не зависит от направления потока. Следовательно, турбина на его основе не требует устройства ориентации. Ротор Дарье характеризуется высоким коэффициентом быстроходности при малых скоростях потока и высоким коэффициентом использования энергии потока, а площадь, ометаемая крыльями ротора, может быть достаточно большой. К недостаткам ротора Дарье также относится низкая механическая прочность и повышенный шум, создаваемый при работе. Наиболее технологичным является Н-образный ротор Дарье. Установка такого типа является быстроходной (коэффициент быстроходности ≥ 3), КПД достигает 0,38.

Ротор Н-Дарье отличается пониженным уровнем шума и полным отсутствием инфразвука. Ветроэнергетическая установка этого типа имеет простую конструкцию и высокую надежность [17]. Исследования в области улучшения параметров ветрогенераторов с Н-ротором Дарье являются актуальными и сегодня. Академики НАН Украины В.Т. Гринченко, В. П. Каян в своей работе [18] были разработаны законы управления лопастями ротора, а также проверены с использованием экспериментальных установок. Было предложено два типа механизма управления, первый из которых осуществлялся за счет круговой управляющей дорожки, которая имела возможность перемещаться относительно оси вращения модели ветроротора вдоль направления продольной оси гидроротка, в результате чего появлялся некоторый эксцентриситет между центром вращения ветроротора и центром управляющей дорожки, что обеспечивало изменение угла установки лопасти в каждой точке ее

круговой траектории. В случае второго типа дорожка была выполнена профильной таким образом, что задавался определенный закон поворота лопастей так, чтобы на большей части как наветренной, так и подветренной частях круговой траектории на лопасти выдерживался определенный угол атаки, величина которого зависела от формы профиля и числа Рейнольдса. В этом случае, были получены значения коэффициента использования энергии ветра, которые возросли на 40-70%, в то время как величина средней аэрогидродинамической нагрузки на вал ротора и амплитуды ее пульсации была снижена в несколько раз.

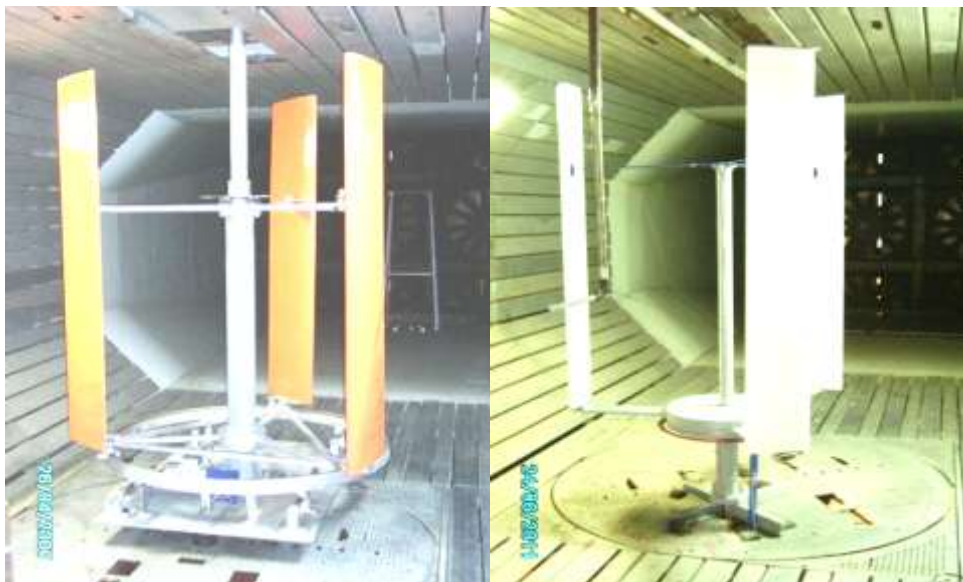


Рисунок 1.7 – Ветроротор ИГМ-1 (2007 г) с механизмом управления №1 (а) и ветроротор ИГМ-3 (2012 г) с механизмом управления №2 (б) в аэродинамической трубе НАУ.

Данной тематикой занимались также В. Гребеников , В. Кауан , О. Лебид, М. Прыждак [19].

1.3.2. Краткий обзор преобразователей кинетической энергии потоков воды

Установки, предназначенные для преобразования кинетической энергии водных потоков, можно разделить на две группы:

установки для преобразования энергии безнапорных потоков (в каналах, реках, морях и океанах);

установки для преобразования энергии напорных потоков (в трубопроводах систем водоснабжения, канализации, гидротранспорта и т. п.).

В свою очередь первая группа установок условно может быть разделена на две подгруппы, отличающиеся в основном мощностью:

- небольшие установки для преобразования энергии потоков рек и каналов;
- крупные для преобразования энергии океанских течений.

Небольшие установки для преобразования энергии потоков рек и каналов относятся к микро – ГЭС, принцип действия которых аналогичен действию больших и малых гидроэлектростанций. Различия существуют в значении мощности используемого оборудования.

Производство электрического тока осуществляет генератор, вращательное движение ротора которому, передается с гидравлической турбины. Для того, чтобы турбина пришла во вращательное движение, создается напор воды, на водоеме, где установлена мини ГЭС. Это может быть напор, создаваемый естественным течением водных масс, либо создаваемый путем строительства плотины или иного технического сооружения. В определенных случаях, могут быть использованы оба способа создания напора одновременно. Под действием напора, потоки воды устремляются в требуемом направлении, в створе их движения монтируется турбина, на лопасти которой и поступает энергия движущихся водных масс. Эта кинетическая энергия воды, преобразуется турбиной, во вращательное движение, которое посредством механической передачи (редуктор) и передается на вал генератора [20]. В качестве источников могут служить реки различных размеров с разной интенсивностью течения, технологические водотоки и т.д.

Принцип действия микро-ГЭС зависит от вида используемого оборудования и вида турбины. Существуют следующие виды преобразователей энергии водного течения:

Принцип «водяного колеса» – приемное колесо частично погружается в воду параллельное ее поверхности. Водные потоки, перемещаясь по естественному руслу, давят на лопасти, размещенные на колесе, и приводят его во вращение. Колесо, в свою очередь, посредством редуктора и прочих механических устройств, создает вращательное движение генератора;

Конструкция в виде гирлянды – с противоположных берегов монтируется трос, на котором установлены специальные роторы. Вода, перемещаясь, вращает роторы, вращательное движение которых передается на трос. Трос вращаясь, передает вращательное движение на генератор, установленный на берегу;

С использованием ротора Дарье – в принцип работы турбины, заложено использование разности давлений на лопастях ротора;

С использованием принципа пропеллера – лопасти устройства помещены в воду и под воздействие воды приходят во вращательное движение, которое и передается на вал генератора, вырабатывающего электрический ток. Размеры лопастей, чтобы обеспечить максимальную скорость вращения и минимум сопротивления, рассчитываются в зависимости от силы движения потока. Например, если скорость течения не превышает 2 м/сек, то ширина лопасти должна быть в пределах 2-3 см [21]. Описанные типы микро-ГЭС приведены на рис.1.8.

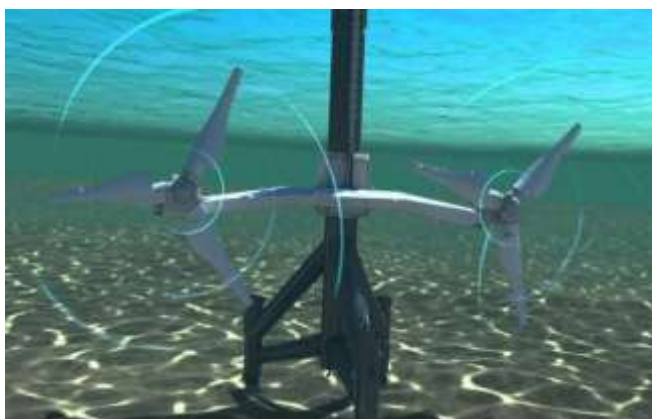




Рисунок 1.8. Виды микро-ГЭС свободопроточного типа:

а – микро- ГЭС пропеллерного типа; б – водяное колесо; в – гирляндная ГЭС.

Перечисленные виды относятся к микро-ГЭС, которые не предполагают строительства напорных сооружений и используют кинетическую энергию свободного течения их еще называют свободно-проточными. Стоит заметить, что данный вид ГЭС не влияет на естественный ландшафт местности, а так же не ухудшает качество водных ресурсов. Стоимость таких преобразователей значительно ниже традиционных ГЭС.

Свободно-поточные микро ГЭС по результатам исследований Гашинского Ю.П. [22] должны обеспечивать мощности от одного до 7 киловатт. Условия установки микро ГЭС на горных реках и крупных каналах, арыках и водотоках с преимущественно большой скоростью течения (от 1,7 до 2,5 м/сек и более). В случае микро ГЭС, генерируемые ими мощности для индивидуальных потребителей в быту или для небольших муниципальных объектов не более 5 киловатт можно получить на струе поперечным сечением около 0,3-0,5 м² со скоростью около 2,0... 2,5 м/сек.

1.4. Общие данные о «Центральном» мосте в г. Днепр

Мост №2 «Центральный» (Новый) – автомобильный мост, связывающий центр города Днепр (ул. Коцюбинского) с левобережной частью (Слобожанский проспект). Сдан в эксплуатацию 5 ноября 1966 года под названием «Мост имени

50-летия Великого Октября». Географическое местоположение моста 48.475 с.ш. 35.055 в.д.

Архитектура Нового моста имеет выразительный четкий силуэт – острая стрела, переброшенная между двумя берегами Днепра. Надводная длина «Центрального» моста составляет 1478 м, с учетом подъездных путей и двух путепроводов – примерно 2,5 км; ширина – 21 м; его высота над водой составляет примерно 14 м. Мост рассчитан на движение транспорта в шесть рядов, а также имеет две пешеходные зоны. Разделение полос в дальнейшем планируется выполнить с помощью разделительного бруса высотой один метр. Единственный вид электротранспорта, курсирующего через «Центральный» мост – троллейбусы. Движение электротранспорта на мосту осуществляется за счет питания их от контактной сети. Напряжение контактной сети – 600 В.

Планируется ввод в эксплуатацию электротранспорта, работающего за счет энергии, накопленной в литий-ионных аккумуляторах. Исходя из этого, использование имеющейся контактной сети будет происходить в случае необходимости осуществления заряда аккумуляторов во время остановки либо же движения описанного выше транспорта.

На данный момент ведутся работы по реконструкции моста, в ходе которой железобетонные опоры осветительной системы заменены на конические опоры из листовой стали высотой 12 м. Система освещения двухрядная, с наличием 42 опор в одном ряду и расстоянием между ними 35 м. Общее количество осветительных опор на мосту – 84 шт. Освещение на мосту будет обеспечиваться за счет светодиодных светильников. Их крепление выполняется за счет однорожкового кронштейна радиусного исполнения для одного светильника.

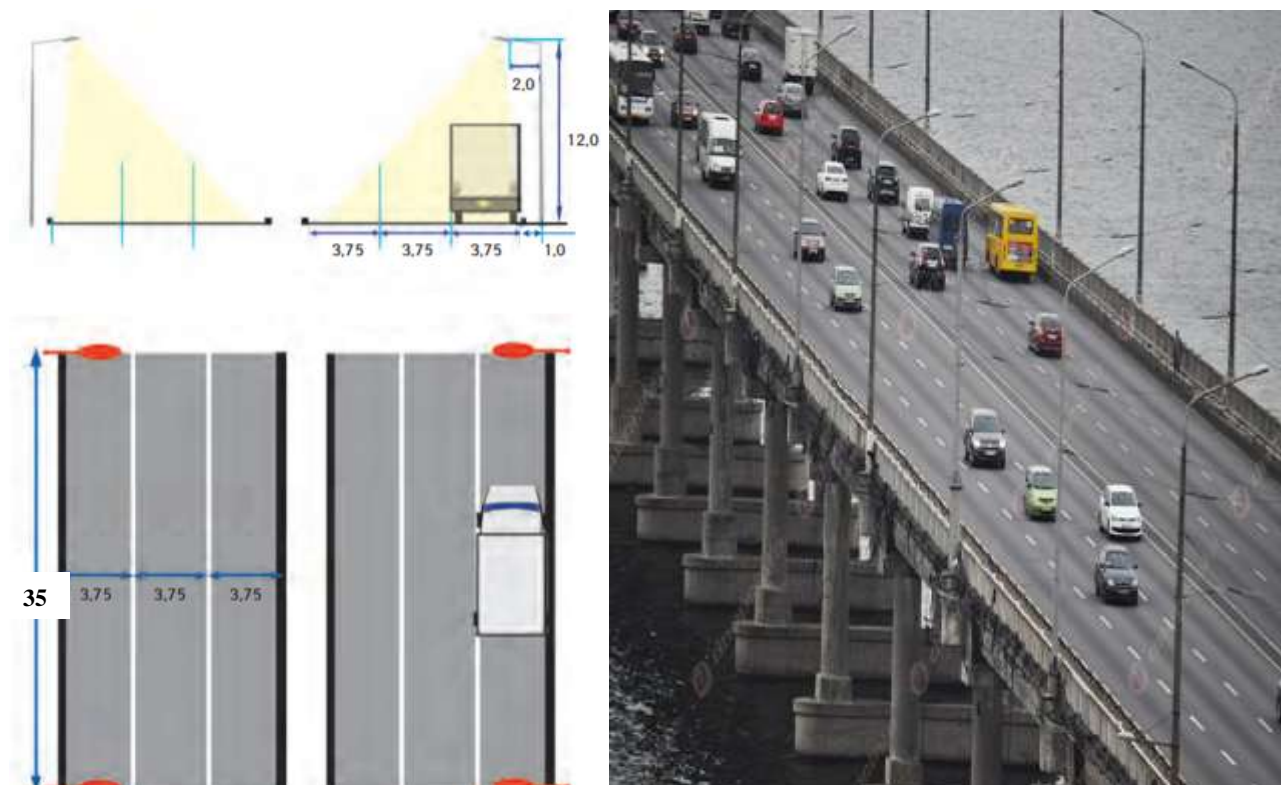


Рисунок 1.9 – Двухрядное расположение опор на «Центральном» мосту

В ходе реконструкции планируется укрепление 73 балок, 6 из которых усилят полимерным волокном, а остальные – методом торкретирования (метод бетонных работ, при котором бетонная смесь слоями наносится на бетонированную поверхность под давлением воздуха). Также планируется укрепить подмытые опоры моста. В результате выполнения данных работ по реконструкции, будет увеличена несущая способность моста, что позволит разместить оборудование, необходимое для автономного питания путепровода с использованием альтернативных источников энергии.

Местность, на которой расположен мост, на всей его протяженности является открытой и хорошо продуваемой бризовыми ветрами. Городские постройки находятся на достаточном удалении, что дает возможность расцениваться данный объект идеальными с точки зрения установки солнечных панелей в виду отсутствия вероятности их затенения.

1.5. Общие данные о Пешеходном мосте в г. Днепр

Мост на Монастырский остров – единственный пешеходный мост в центральной части г. Днепр, который соединяет правый берег города и северную часть Монастырского острова. Выстроен мост в 1956 году [23]. Географическое расположение моста – 48.465 с.ш., 35.073 в.д.

Надводная длина моста составляет 88 м.

Пешеходный мост оборудован светильниками, которые расположены на конических опорах высотой 5 м. Расстояние между опорами 11 м. Применены опоры как для крепления одного, так и двух светильников. Применение двухрожкового крепления объясняется необходимостью освещения лестницы для спуска пешеходов на городскую набережную. Общее количество светильников установленных на мосту – 20 шт.

Высота моста над поверхностью земли предположительно равна 9 м.

Мост расположен на местности, окруженной с одной стороны парковой, а с другой стороны зоной Монастырского, которые имеют большое количество зеленых насаждений. Мост построен в месте сужения русла реки и может иметь достаточный потенциал для использования свободнопоточных турбин.



Рисунок 1.10 – Современный вид пешеходного моста в г. Днепр

Вывод по разделу 1

Выполнен анализ литературных источников, который показал благоприятное расположение территории Украины с точки зрения использования возобновляемых ресурсов в целях электроснабжения.

Выполнен анализ разработок в сфере преобразования альтернативных источников энергии, который показывает высокий технический уровень применяемых сегодня преобразователей энергии от возобновляемых источников.

Исходя из карт распределения солнечного потенциала, и данных о скоростях ветра по областям Украины, Днепропетровская область является пригодной в целях дальнейшего выбора конкретной локации расположения объектов с использованием ВИЭ.

Общие данные по водным режимам реки Днепр в Днепропетровской области так же дают возможность утверждать о их достаточности для применения потенциала реки в энергетических целях.

Путем непосредственной практической оценки параметров мостов были приняты исходные данные для дальнейших расчетов.

РАЗДЕЛ 2 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПУТЕПРОВОДОВ

2.1. Нормативные положения для расчета систем освещения путепроводов

Для выбора вида светильников, а так же их мощности необходимо выполнить расчет на основании действующих норм Украины, которые регламентируют основные светотехнические показатели. Основным нормативным документом Украины, регламентирующим нормы освещенности для уличного освещения, являются украинские строительные нормы и правила – ДБН В.2.5-28-2006 "Природное и искусственное освещение" [24]. Согласно п.4.28 средняя яркость дорожных покрытий определяется исходя из категорий объекта по освещенности в соответствии с табл. 2.1

Таблица 2.1 – Средняя яркость дорог в соответствии с категорией объекта по освещенности

Категория объекта по освещению	Улицы, дороги и площади *	Наибольшая интенсивность движения транспорта в обоих направлениях, ед/ч	Средняя яркость покрытия, кд/м ²	Средняя горизонтальная освещенность покрытия, лк
1	2	3	4	5
А	Магистральные дороги, магистральные улицы общегородского значения	Св. 3000	1,6	20
		Св. 1000 до 3000	1,2	20
		От 500 « 1000	0,8	15
Б	Магистральные улицы районного значения	Св. 2000	1,0	15
		Св. 1000 до 2000	0,8	15
		От 500 « 1000	0,6	10
		Менее 500	0,4	10
В	Улицы и дороги местного значения	500 и более	0,4	6
		Менее 500	0,3	4
		Одиночные автомобили	0,2	4

Наибольшая интенсивность движения транспорта по путепроводу, может быть определена исходя из их надводной длины. Классификация мостов по длине делит их на:

малые – не длиннее 25 м;

средние – не больше 100 м;

большие – до 500 м;

внеклассные – мосты, чья длина превышает 500 м, или мосты, в которых длина одного пролета превышает 150 м.

Согласно ДБН В.2.3-14:2006 «Мости та труби правила проектування» [25] большие и внеклассные мосты городского предназначения относятся к Ia категории автомобильных дорог, что в свою очередь определяет интенсивность движения – более 2000 ед/ч и соответствует категории освещенности Б (средняя яркость покрытия 1 кд/м^2 , средняя горизонтальная освещенность покрытия 15 лк). Мосты, которые являются средними, в соответствии с данной классификацией, и имеют преимущественно пешеходную зону, называются пешеходными. В соответствии с ДБН В.2.5-28-2006 [24] нормированные значения средней горизонтальной освещенности для пешеходных путепроводов должна составлять не менее 10 лк.

Помимо уровня освещенности и значений средней яркости источников к осветительным системам автомагистралей и путепроводов предъявляются следующие требования:

- при выборе типа и способа размещения осветительных установок обеспечивать освещенность дорог в соответствии с нормами на среднюю яркость проезжей части и среднюю горизонтальную освещенность обочин и тротуаров: равномерность распределения яркости (отношение максимальной яркости в отдельных точках проезжей части к минимальной); показатель ослепленности;

- обеспечивать зрительное ориентирование водителей в пути благодаря рациональному размещению опор и светильников, изменению цветности источников света на примыкающих дорогах;

- не допускать резкого изменения освещенности перед сложными и опасными участками дорог и чередования освещенных и неосвещенных зон, устраивая непрерывное освещение при расположении освещенных участков дороги на расстоянии менее 250 м друг от друга;

- добиваться плавного снижения яркости проезжей части на выезде с освещенного участка на неосвещенный, устраивая переходную зону длиной 150-250 м;

- стремиться использовать такие элементы осветительных установок, которые отвечают требованиям эстетики и не нарушают вид архитектурного ансамбля дороги и расположенных на ней сооружений;

- избегать размещения осветительных опор на тех элементах дорог и пересечений, где их установка может явиться причиной дорожно-транспортных происшествий;

- применять опоры, не оказывающие большого сопротивления на срез при наезде автомобиля.

2.2. Основные светотехнические характеристики

Осветительная установка должна создавать необходимые условия зрительной работы водителей и пешеходов, для обнаружения препятствий и полного восприятия ситуации на дороге. Для этого в нормативных документах регламентируется ряд параметров освещения, значения которых базируются не только на зрительном восприятии, но и учитывают экономические факторы. Качественным считается освещение, показатели которого соответствуют нормируемым значениям. Ниже приведены основные светотехнические характеристики осветительных систем прямолинейных участков дорог

- Средняя яркость дорожного покрытия L_{cp}

В основу нормирования освещения дорог положена яркость дорожного покрытия. Яркость является фотометрической характеристикой, определяющей уровень видимости объектов. Для асфальтовых дорожных покрытий она в значительной степени зависит от углов падения света, т.е. яркость и освещённость таких покрытий не связаны прямой зависимостью, что не позволяет осуществлять нормирование по освещённости. Требуемое значение средней яркости дорожного покрытия зависит от расчётной скорости и интенсивности движения транспорта на дороге.

– Равномерность яркости дорожного покрытия.

В установках освещения дорог средняя яркость дорожного покрытия L_{cp} должна определяться в совокупности с равномерностью яркости для обеспечения водителям зрительного комфорта.

– Общая равномерность яркости U_0 .

Общая равномерность яркости представляет собой отношение минимальной яркости дорожного покрытия к его средней яркости.

– Продольная равномерность яркости U_l

Продольная равномерность яркости представляет собой измеряемое вдоль оси каждой из полос отношение минимальной яркости дорожного покрытия к его максимальной яркости.

– Пороговое приращение яркости TI

Пороговое приращение яркости служит мерой измерения слепящей блёскости. Чем выше приращение пороговой разности яркостей, тем сильнее уменьшается видимость. Значение данного параметра не должно превышать 10%.

– Средняя освещённость E_{cp}

Средняя освещённость характеризует общее количество света на дороге.

- Коэффициент равномерности по освещённости $\frac{E_{min}}{E_{cp}}$

Коэффициент равномерности по освещённости определяется отношением минимальной освещённости дорожного покрытия к средней освещённости.

– Кривая силы света

КСС – это графическое изображение распределения света в пространстве, представляется в виде графика, где α и β – углы распространения светового потока в продольной и поперечной плоскостях. В зависимости от формы кривой силы света можно судить о степени и направлении светового потока светильника. При выборе светильников с той или иной КСС учитывается их назначение и область их применения. В соответствии с ГОСТ 17677-82 [26] существуют семь типов кривых силы света, которые отличаются углом раскрытия светового потока (табл. 2.2.).

Таблица 2.2 – Классификация типов кривых силы света

<i>Тип кривой силы света</i>		<i>Зона направлений максимальной силы света</i>
<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	
К	Концентрированная	0°-15°
Г	Глубокая	0°-30°; 180°-145°
Д	Косинусная	35°-55°; 180°-145°
Л	Полуширокая	35°-55°; 145°-125°
Ш	Широкая	55°-85°; 125°-95°
М	Равномерная	0°-180°
С	Синусная	70°-90°; 100°-90°

Здесь стоит отметить, что для освещения улиц, дорог, мостов, туннелей, тротуаров, а также автомобильных дорог применяют светильники с КСС полуширокого и широкого типов. КСС является важной характеристикой для подбора осветительной техники и помогает грамотно использовать их в целях как внешнего, так и внутреннего освещения.

В соответствии с европейским стандартом EN 13201-3:2007 расчет данных параметров выполняется с учетом следующих допущений:

- светильник рассматривается как точечный источник света;

- свет, отраженный от окружающих поверхностей, и переотраженный свет не учитываются;
- затенение света светильников деревьями и другими объектами не учитывается;
- атмосферное поглощение света равно нулю;
- поверхность дороги – плоская, без наклона и имеет однородные отражающие свойства на рассматриваемом участке дороги.

2.3. Расчет осветительных системы для «Центрального» моста

Исходные данные:

Объект: «Центральный» мост в центральной части г. Днипро;

Количество светильников $N=84$ шт;

Длина моста: $L=1478$ м;

Способ установки опор: двухсторонний;

Шаг между опорами: $s = 35$ м;

Высота светового центра ОП над проезжей частью $h = 12$ м.

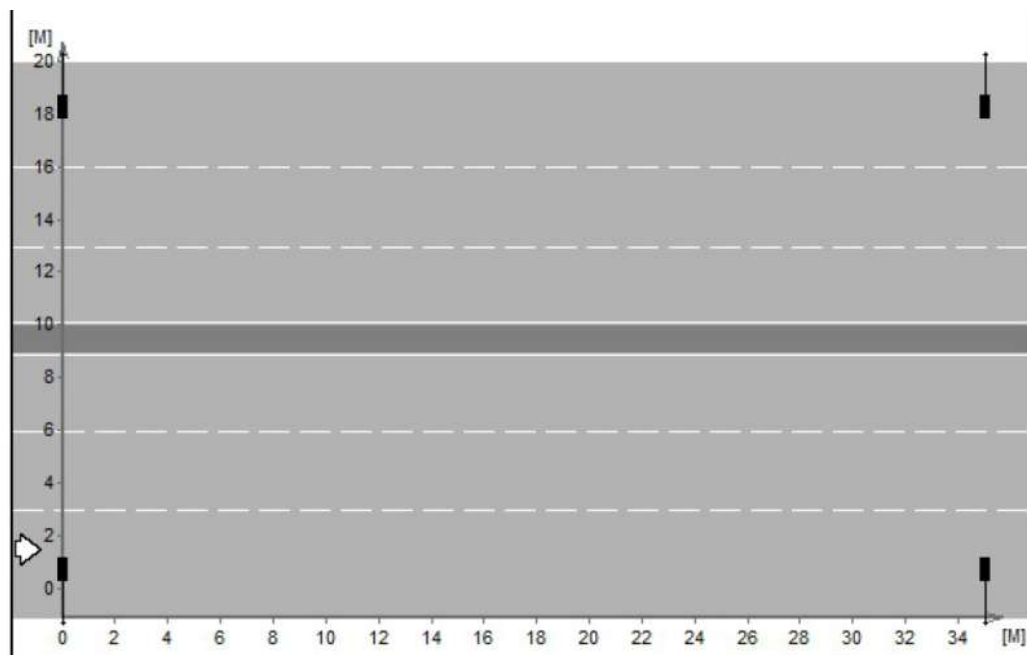


Рисунок 2.1 – Схема расстановки ОП (в плане)

Расчет освещенности по условной удельной мощности

Для определения мощности светодиодных ламп применяется методика расчета по удельной мощности. При этом задаемся удельной мощностью, которая определена для освещения объектов категории Б при нормируемой яркости, а так же ширине проезжей части – $P_{уд} = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$ [27].

Исходя из длины моста, определяем мощность светильников необходимую для обеспечения нормируемого уровня средней яркости и освещенности дорожного полотна.

$$P_{л} = \frac{P_{уд} \cdot L}{N};$$

где N – это количество светильников установленных на всей площади моста. Тогда,

$$P_{л} = \frac{8 \cdot 1478}{84} = 140,8 \text{ Вт.}$$

Расчетная мощность светильников округляется до ближайшего номинального значения. В нашем случае номинальная мощность – $P_{н.л} = 142 \text{ Вт}$.

На основании выполненного расчета был выбран светодиодный консольный светильник ITW SYSTEMS серии TWIN единичной мощностью 142 Вт.



Рисунок 2.2 – Вид уличного светильника ITW SYSTEMS «TWIN»

Таблица 2.3 – Технические характеристики светодиодного светильника ITW SYSTEMS «TWIN» мощностью 142Вт

Параметр	Значение
1	2
Световой поток	17000 лм
Цветовая температура	6500 К (холодный белый свет)
Мощность	142 Вт
Рабочий диапазон температур	-45...+50 °С

1	2
Общая информация	
Источник питания	165-275В/50 Гц, 110-130В/60 Гц, 12-36В AC/DC
Класс светораспределения	П
Кривая силы света	Л

Индекс цветопередачи, CRI	>96
Коэффициент мощности	0,95
Длина светильника	1000 мм
Степень защиты	IP65

ITW SYSTEMS «TWIN» мощностью 142Вт:

Позволяет экономить электроэнергию до 80 % по сравнению другими светодиодными светильниками;

Не требует дополнительного обслуживания в течение всего срока службы;

Рассеиватель выполнен из УФ-стабилизированного поликарбоната;

Не нуждается в особенной утилизации;

Высокий коэффициент цветопередачи, что улучшает качество света;

Долгий срок службы 50 000 часов (более 10 лет непрерывной работы), что позволяет минимизировать расходы на обслуживание;

Уличный светильник мгновенно включается при низких температурах и отсутствует мерцание.

Степень защиты светильника IP 65 – является водонепроницаемый и пыленепроницаемый. Профиль уличного светильника хорошо отдаёт тепло в воздух, он не перегревается даже в солнечные дни. Электронные компоненты не перегреваются летом, не испытывают влияние холода зимой.

Консольный светильник предназначен для качественного освещения улиц, дворов, парков, спортивных площадок, транспортных мостов, пешеходных зон, парковок и даже для промышленных предприятий. Рекомендуемый монтаж консольного светильника на опоре высотой 9-14 метров.

2.4. Проверка расчета системы освещения «Центрального» моста с помощью программного аппарата Light-in-Night Road

Определение значений светотехнических параметров системы освещения автомобильного моста, осуществлялся с помощью программного обеспечения Light-in-Night Road. Данный расчет производится для определения нормируемых показателей на поверхности освещаемого участка дороги для проверки правильности выбранного типа и мощности светильника.

Light-in-Night Road – это профессиональная компьютерная программа для проектирования утилитарного наружного освещения. Программа свободно доступна в сети Интернет.

Данный программный аппарат предназначен для проектирования освещения следующих объектов:

автомобильных дорог, улиц и площадей, многоуровневых транспортных развязок, проезжей части бульваров, проездов внутри квартальных и дворовых территорий, подъездов к супермаркетам, административным зданиям и другим объектам;

пешеходных зон, садово-парковых территорий, скверов, зон отдыха, наружных территорий школ, детских садов и т.п.;

паркингов, автостоянок, АЗС;

наружных территорий промышленных объектов, железнодорожных узлов, морских портов и аэропортов, периметров охраняемых зон и др.

Провести расчет значений нормируемых параметров осветительной установки:

- средней яркости или освещенности дорожного покрытия,
- горизонтальной и полуцилиндрической освещенности для тротуара,
- коэффициентов равномерности яркости и освещенности,
- показателей ослепленности,

представить исходные данные и результаты расчета в виде многостраничного протокола в наглядной текстовой, табличной и графической форме, удобной для представления в проектной документации.

Программа позволяет выполнять моделирование освещения трехмерных объектов (многоуровневых транспортных развязок, мостов, эстакад и т.п.). Программа обеспечивает наглядную визуализацию освещаемых объектов и результатов расчета освещения в виде нанесенных на объекты изолюкс, сетки расчетных точек или заливки в серых или фиктивных цветах.

В программе была построена модель путепровода в соответствии с исходными данными, исходя из которых, была рассчитана освещенность проезжей части моста для светильника со световым потоком 17000 лм и единичной мощности 142 Вт.

На рис.2.3 Представлены результаты интерполяции расчета освещенности для разных точек поверхности дорожного покрытия. На графике горизонтальная и вертикальная оси представлены в метрах и демонстрируют точки с максимальной освещенностью 30 лк, которые находятся на расстоянии 8 м от места установки светильника по вертикальной оси. Значение освещенности ниже среднего наблюдается в местах установки разделительной полосы – 11 лк, а также посередине расположения источников света, где составляет 9,9 лк. В данном случае освещаемый участок имеет достаточную равномерность покрытия, а средняя освещенность равна 19,2 лк.

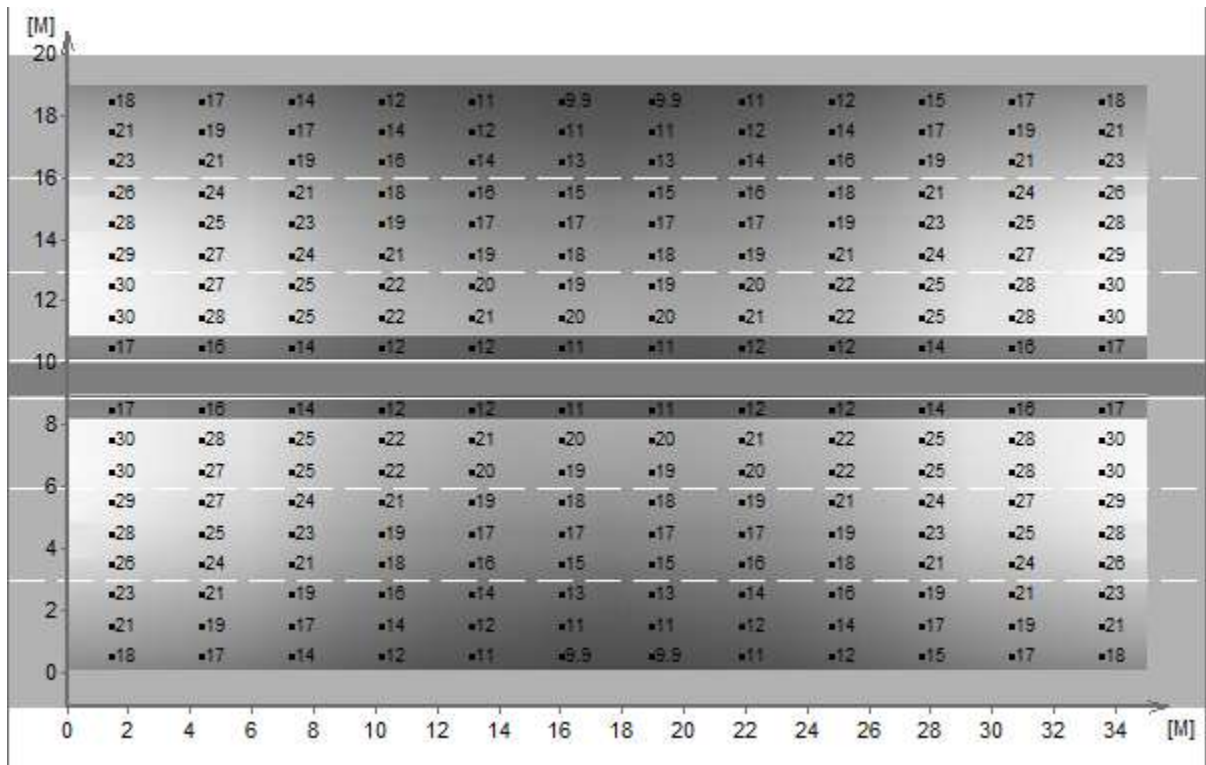


Рисунок 2.3 – Распределение освещенности для дорожного полотна

Тротуарная зона имеет также высокую равномерность освещения при средней освещенности – 11,4 лк. Визуализация результатов по данному параметру представлена в виде сетки расчетных точек (рис.2.4, а), а также с помощью фиктивных цветов (рис.2.5, б).

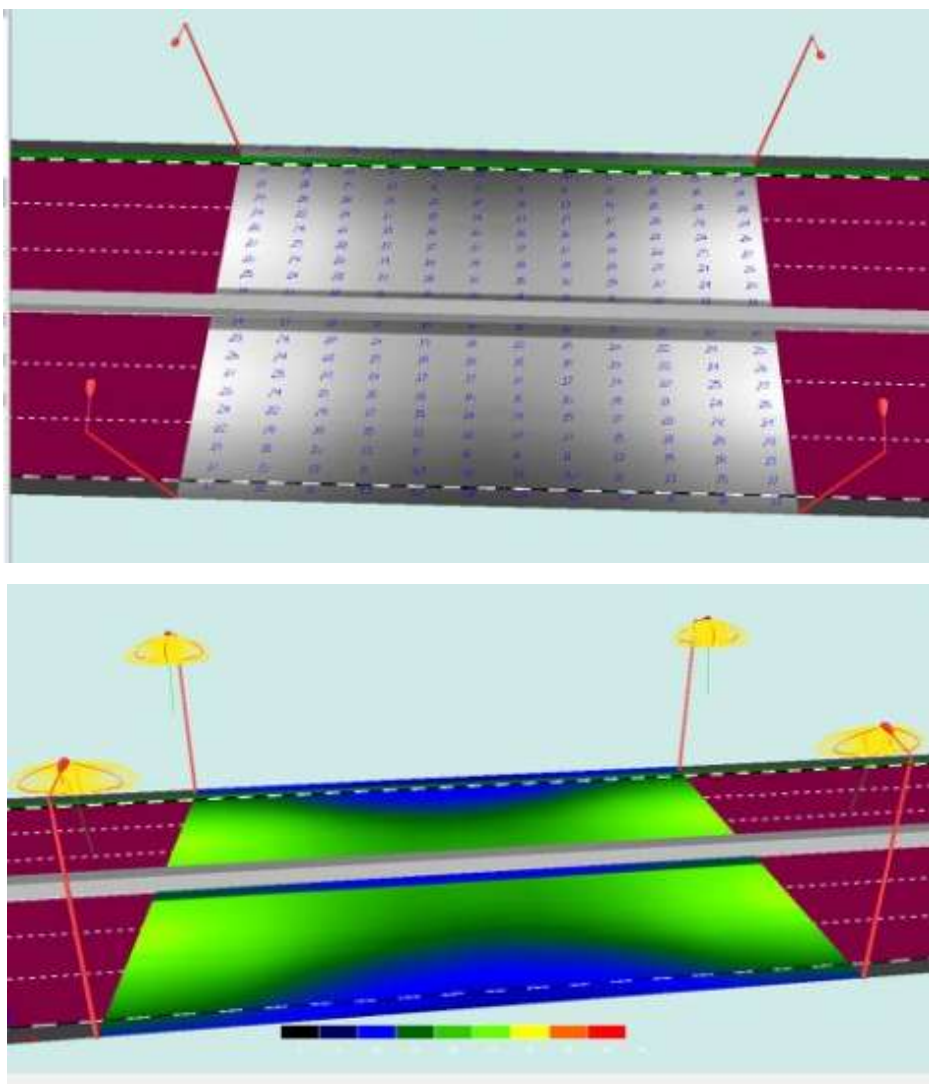


Рисунок 2.4 – Представление 3D модели с помощью программного аппарата Light-in-Night Road. Результаты расчета освещенности: а – в виде сетки значений, б – в виде фиктивных цветов.

В соответствии с требованиями государственных норм была рассчитана яркость дорожного полотна.

Основываясь на данных приведенных для различных точек проезжей части видим, что максимальная яркость имеет значение $1,8 \text{ кд/м}^2$, а минимальная, в свою очередь, составляет $0,6 \text{ кд/м}^2$. Коэффициент общей равномерности по яркости равен $0,51$.

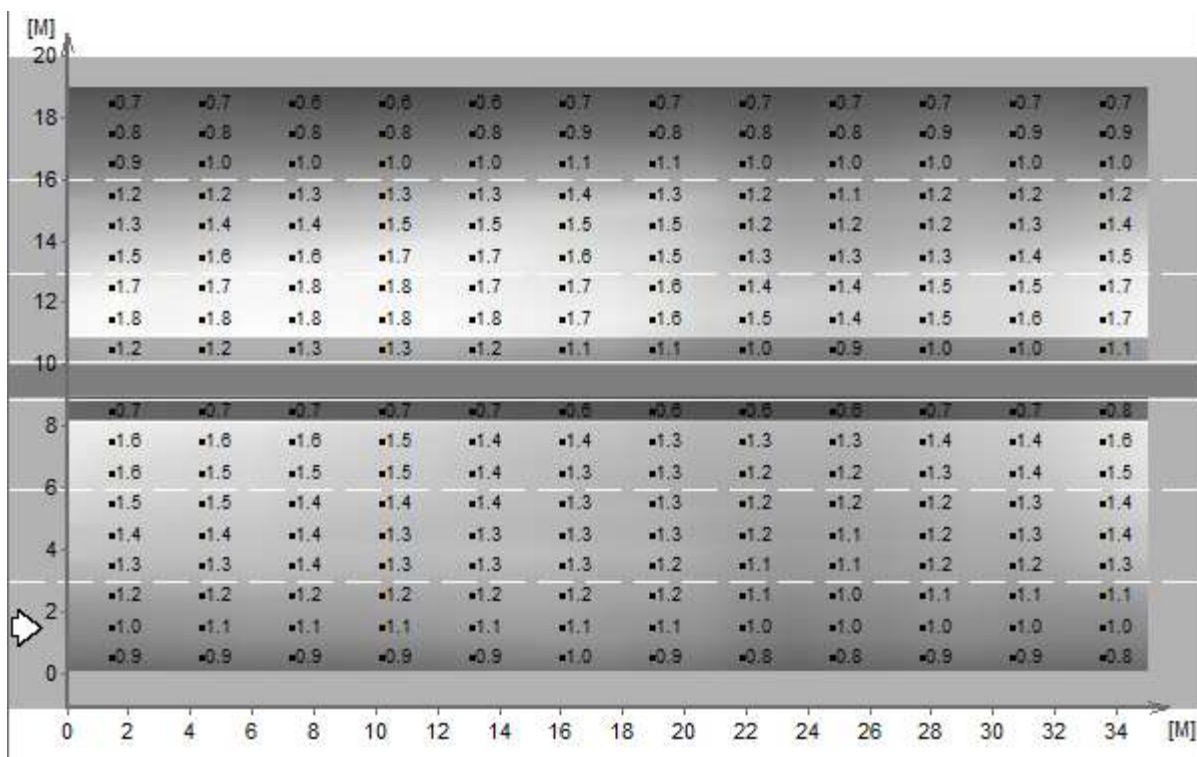


Рисунок 2.5 – Распределение яркости для дорожного полотна

Все найденные светотехнические параметры лежат в пределах, существующих на сегодняшний день, норм. Помимо этого, результаты расчета показали, что применение данного типа источника обеспечит комфортные условия пользования путепровода, не вызывая при этом чувство дискомфорта у водителей и пешеходов.

Полученные результаты расчета выведены в виде протокола (см. прил. А).

Определяем полную мощность осветительной установки по формуле:

$$P_{\text{ц}} = N \cdot P_{\text{н.л}};$$

$$P_{\text{ц}} = 84 \cdot 142 = 12 \text{ кВт.}$$

Принимаем, что число часов работы осветительной системы в сутки в среднем будет составлять $T_p = 10$ ч. Расчёт электроэнергии осуществляется следующим образом:

$$W_{\text{сут}} = P_{\text{ц}} \cdot T_{\text{р}} = 12 \cdot 10 = 120 \text{ кВт} \cdot \text{час.}$$

Тогда, годовая потребность в электроэнергии для освещения «Центрального» моста будет определяться по формуле:

$$W_{\text{св год}} = W_{\text{сут}} \cdot 365 = 120 \cdot 365 = 43\,800 \text{ кВт} \cdot \text{час либо } 43,8 \text{ МВт} \cdot \text{час.}$$

2.5. Расчет осветительной системы для Пешеходного моста

В соответствии с приведенным выше расчетом по определению мощности ОП методом условной удельной мощности, определим мощность светильников требуемых для освещения Пешеходного моста.

Исходные данные для расчета:

Объект: Пешеходный мост в центральной части г. Днепр;

Общая ширина моста: $W = 4,8 \text{ м}$;

Длина моста: $L=88 \text{ м}$

Способ установки опор: двухсторонний;

Шаг между опорами: $s = 11 \text{ м}$;

Высота светового центра ОП над проезжей частью $h = 5 \text{ м}$;

Количество светильников (полное) $N_{\text{п}}=20 \text{ шт}$

Количество светильников освещающих дорожное полотно $N_{\text{дорп}}=16 \text{ шт}$

Норма освещенности: $E_{\text{ср}} = 10 \text{ лк. [24]}$

Удельная мощность установки для пешеходного моста равна $P_{\text{уд}} = 4,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$.

В ходе расчета количество светильников принято исходя из условия освещения только лишь пешеходной части моста. Мощность осветительных приборов прилегающей к мосту лестницы будет равна расчетной мощности.

Определяем расчетную мощность одного светильника:

$$P_{л1} = \frac{4,5 \cdot 88}{16} = 24,8 \text{ Вт.}$$

Принимаем $P_{н.л1} = 30 \text{ Вт.}$

В соответствии с расчетной мощностью выбран уличный классический светильник ITW SYSTEMS «TWIN» мощностью 30 Вт.

Таблица 2.4 – Технические характеристики светодиодного светильника 30 Вт

<i>Технические характеристики ITW SYSTEMS «PARK» мощностью 30 Вт</i>	
Световой поток	3000 лм
Цветовая температура	6000 К (холодный белый свет)
Мощность	30 Вт
Рабочий диапазон температур	-45...+50 °С
Источник питания	165-275 В/50Гц, 110-130 В/60Гц, 12-36В АС/DC
Класс светораспределения	П
Кривая силы света	Л
Индекс цветопередачи, CRI	>96
Коэффициент мощности	0,95
Длина светильника	550 мм
Степень защиты	IP65

2.6. Энергосбережение в системах наружного освещения Пешеходного моста

При проектировании внешней осветительной системы необходимо не только придерживаться жестко регламентированным нормам горизонтальной освещенности, но и учитывать целесообразность и оптимальность выбора ОП. Расчет удельной мощности является достаточно точным для определения мощности применяемых светильников, однако не отражает правильности выбора источника света с экономической точки зрения. В связи с этим, для проверки светотехнических параметров необходимо выполнить расчет горизонтальной освещенности дорожного покрытия точечным методом. Данный метод дает возможность определить балансовое состояние между необходимой мощностью ОП и экономическими показателями проекта системы освещения моста [28].

Расчет осуществляется для системы освещения Пешеходного моста исходя из положения светильников и их схемы расположения [29]. В нашем случае схема расположения светильников на «Новом» мосту имеет вид, представленный на рис.2.6

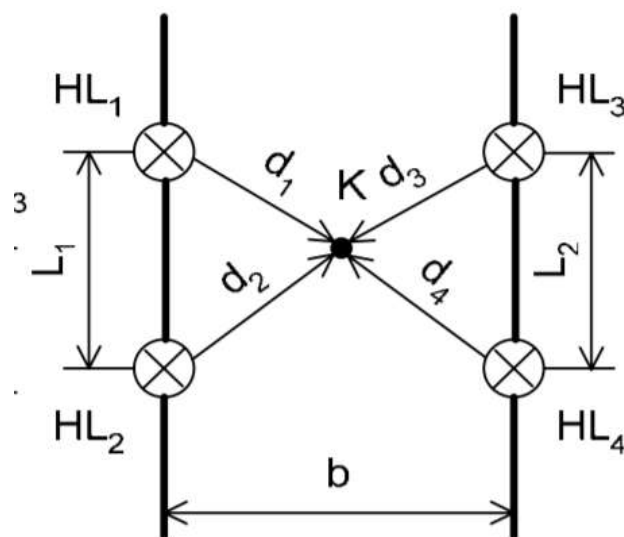


Рисунок 2.6 – Схема расположения источников света

Выполним расчет для определения освещенности в данной точке.

Исходными данными для расчета являются следующие величины:

Ширина пешеходной части : $b = 4,8$ м;

Количество полос движения: $N_{\text{пол}} = 1$;

Уголь установки консольного светильника: $\theta = 15^\circ$;

Высота подвеса светильника: $H = 5$ м;

Расстояние между светильниками: $L = L_1 = L_2 = 11$ м;

Световой поток: $\Phi_{\text{л}} = 3000$ лм;

Светильники типа: ITW SYSTEMS «PARK» мощностью 30 Вт;

Коэффициент запаса для светодиодных светильников: $K_3 = 1,5$.

Форма кривой силы свет для данного светильника приведена на рис.2.7

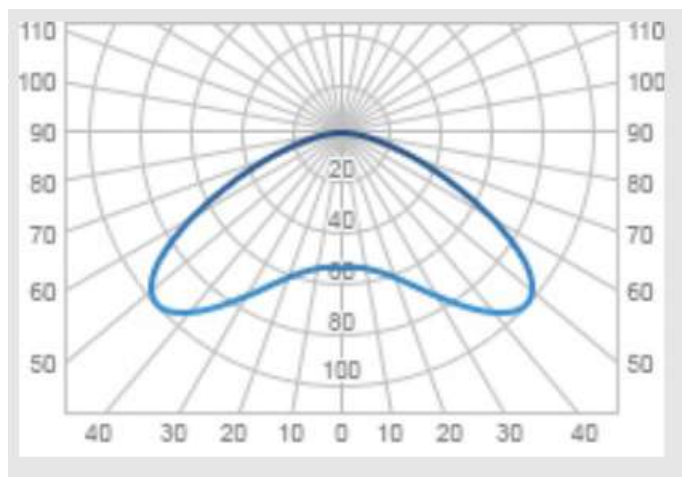


Рисунок 2.7 – КСС для типа Л

Приняты обозначения: d_i – расстояние по горизонтали от проекции i -го светильника до контрольной точки (в общем случае не равно геометрическому расстоянию из-за возможного наклона оптической оси светильника); L_1 и L_2 – соответственно расстояния между светильниками с одной и другой стороны магистрали; Расчет начинают с вычисления кратчайшего расстояния от проекции i – условного светильника d_i до контрольной точки и условной высоты установки светильника H над плоскостью, повернутой на угол θ .

Исходя из размещения светильников, расстояния по горизонтали от проекции i -ых светильников до контрольной точки будут равны между собой.

$$d_1 = d_2 = d_3 = d_4;$$

А также, вспомогательные параметры P_i так же будут равны:

$$\begin{aligned} P_1 = P_2 = P_3 = P_4 &= \frac{b}{2} \cdot \cos \theta - H \cdot \sin \theta = \\ &= \frac{4,8}{2} \cdot \cos 15 - 5 \cdot \sin 15 = 2,3 - 1,3 = 1 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{1,2} &= b \cdot \sin \theta + H \cdot \cos \theta = \\ 4,8 \cdot \sin 15 + 5 \cdot \cos 15 &= 1,24 + 4,8 = 6,06 \text{ м.} \end{aligned}$$

Тогда d_1 находится следующим образом:

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + P_1^2} = \sqrt{\left(\frac{11}{2}\right)^2 + 1^2} = 5,6 \text{ м.}$$

После этого вычисляем суммарную относительную освещенность всех учитываемых светильников для конкретной контрольной точки по формуле:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 360 \cdot \cos\left(\operatorname{atan}\frac{d_i}{H}\right)^3 \cdot \frac{H}{H_{1,2}} = 360 \cdot (\cos 42,6)^3 \cdot \frac{5}{6,06} = 118,5 \text{ лк.}$$

Находим суммарное значение:

$$\varepsilon = 4 \cdot \varepsilon_1 = 4 \cdot 118,5 = 473,9 \text{ лк.}$$

Находим значение освещенности:

$$E = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot \varepsilon}{1000 \cdot K_3 \cdot H^2} = \frac{3000 \cdot 473,9}{1000 \cdot 1,5 \cdot 25} = 37,9 \text{ лк.}$$

Полученное значение освещенности удовлетворяет требования действующих нормативных документов по освещенности поверхности дорожного покрытия для данной категории объекта, однако освещенность в данной точке является избыточной, поэтому есть возможность взять светильники с меньшей мощностью и меньшим световым потоком. Выбран тип ПО серии PARK мощностью 10 Вт со световым потоком 1400 лм. Внешний вид светильника приведен на рис.2.8.



Рисунок 2.8 – Внешний вид светильника PARK мощностью 10 Вт

Расчет значения освещенности в соответствии с выбранным источником света выполняется по формуле:

$$E = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot \varepsilon}{1000 \cdot K_3 \cdot H^2} = \frac{1400 \cdot 473,9}{1000 \cdot 1,5 \cdot 25} = 17,7 \text{ лк.}$$

Полученное расчетное значение освещенности является достаточным для комфортного передвижения пешеходов, а так же дает возможность за счет выбранного светильника меньшей мощности, обеспечить большую энергоэффективность системы освещения в сравнении с вариантом применения светодиодных ламп мощностью 30 Вт.

Определяем полную необходимую мощность для освещения Пешеходного моста.

$$P_{\Pi} = N \cdot P_{\text{н.лп}} = 20 \cdot 10 = 200 \text{ Вт.}$$

Необходимая электроэнергия в сутки рассчитывается по след формуле:

$$W_{\text{сут1}} = P_{\Pi} \cdot T = 200 \cdot 10 = 2 \text{ кВт} \cdot \text{ час};$$

где T - число часов работы светильников

Тогда, годовая потребность в электроэнергии для освещения Пешеходного моста будет определяться по формуле:

$$W_{\text{св год1}} = W_{\text{сут1}} \cdot 365 = 2 \cdot 365 = 730 \text{ кВт} \cdot \text{ час.}$$

Вывод по разделу 2

В данном разделе были приведены расчеты осветительных систем для рассматриваемых путепроводов. Была рассчитана единичная мощность светильника для «Центрального» моста которая составила – 142 Вт. И рассчитано усредненное годовое потребление всей системы освещения для данного объекта – 43,8 МВт · час. Определена единичная мощность светильников для Пешеходного моста и усредненная годовая потребность в электроэнергии – 10 Вт и 730 кВт · час соответственно. Выполнена проверка рассчитанной мощности исходя из нормированных значений светотехнических параметров для каждого из видов путепроводов с применением программного аппарата Light-in-Night Road. Расчетные параметры систем освещения удовлетворяют нормативным требованиям.

РАЗДЕЛ 3 ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РАЙОНЕ «ЦЕНТРАЛЬНОГО» МОСТА

3.1. Определение валового потенциала с помощью статистического анализа данных солнечной инсоляции в районе «Центрального» моста

Потенциал солнечной энергии напрямую зависит от количества солнечной инсоляции. Величина инсоляции характеризуется солнечной радиацией, полученным в течение одного светового дня на единице площади поверхности земли.

Рассматривая определенную местность с точки зрения потенциала солнечного излучения необходимо учитывать факторы, значительно влияющие на данную характеристику. Факторами, определяющими величину фактической инсоляции, являются: ориентация участка облучения относительно юга, высота участка над уровнем моря, угол наклона к горизонту, застройки, создающие тень в течение дня, температура, и, главное, – широта и время года. Угол падения солнечных лучей уменьшается от экватора к полюсам, как следствие, падает эффективность использования солнечных коллекторов или батарей.

Чтобы использовать грамотно и с наибольшей выгодой солнечную энергию, первой задачей является определение валового потенциала. Валовый (теоретический) потенциал солнечной энергии региона — это среднемноголетняя суммарная энергия солнечного излучения, падающая на выбранную территорию в течение одного года, W_v , кВт·ч/год. Его значение определяется исходя из данных о солнечной инсоляции выбранной местности.

Сбор данных о солнечной инсоляции какого-либо региона осуществляется не только с исследовательской, но и практической целью. Изменение значения солнечного излучения по поверхности земли является стохастическим, что создает определенные трудности для корректного определения солнечного

потенциала местности. Наиболее детальный и точный анализ осуществляется на базе использования многолетних статистических данных значений солнечной инсоляции.

Статистический анализ солнечной инсоляции в месте расположения «Центрального» моста осуществлялся на базе данных Национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства – ведомства NASA.

Полученные согласно сайту NASA значения за период с 2000...2017 гг. сведены в таблицу. На основании этих данных найдены средние значения инсоляции для каждого дня в году. Средние значения, для каждого дня в году, приведены в прил Б.

На основе таблиц был построен график распределение среднего значения ежесуточной инсоляции в течение года на горизонтальную площадку площадью 1 м^2 (рис. 3.1).

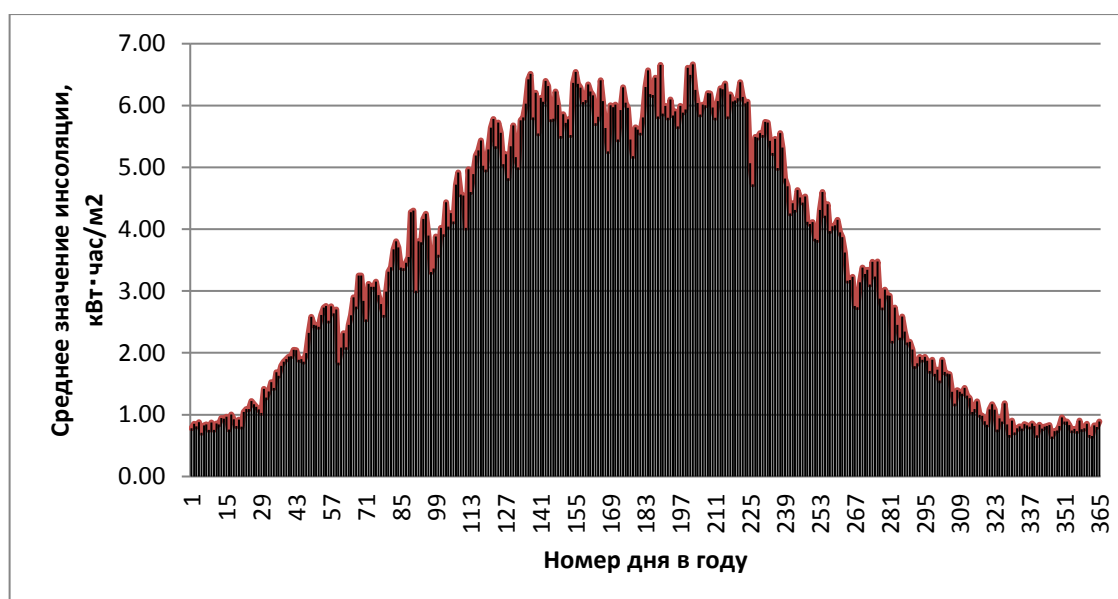


Рисунок 3.1 – График распределения среднего значения солнечной инсоляции на протяжении года за период 2000-2017 гг.

Исходя из полученных значений 12 декабря соответствует наименьшему среднему значению инсоляции и составляет $0,65\text{ кВт}\cdot\text{час}/\text{м}^2$, в то время как наибольшее среднее значение инсоляции было получено для 21 июня – $7,06\text{ кВт}\cdot\text{час}/\text{м}^2$. Таким образом, видим, что значение солнечного

излучения в течении года значительно изменяется. Удельная годовая инсоляция, исходя из найденных среднесуточных значений за выбранный период определяется по формуле:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i;$$

где n – количество дней в году, принимаем $n = 365$ (без учета високосных лет); E_i – удельная инсоляция i -го дня в году.

$$E = 1345,46 \text{ кВт} \cdot \text{час}/\text{м}^2.$$

Валовый потенциал солнечной энергии на «Новом» мосту за год:

$$W_{\text{вц}} = E \cdot S_{\text{мц}};$$

где $S_{\text{м}}$ – площадь «Нового» моста $S_{\text{мц}} = 31038 \text{ м}^2$.

$$W_{\text{вц}} = 1345,46 \cdot 31038 = 41760,39 \text{ МВт} \cdot \text{час}.$$

3.2. Определение технического потенциала солнечной энергии

Рассчитанные значения радиации на площади поверхности являются валовым потенциалом солнечной энергии для заданной местности, однако, определение технического потенциала требует учета всех факторов влияющих, непосредственно, на возможность солнечной панели преобразовать данную мощность солнечного потока в мощность электрическую. Технический потенциал солнечной энергии — это среднемноголетняя суммарная энергия, которая может быть получена на определенной территории от солнечного

излучения в течение одного года при современном уровне развития науки и техники и соблюдении экологических норм [30]. Основываясь на данном определении технического потенциала, его величина будет изменяться в соответствии с техническими параметрами солнечных модулей, а так же от параметров местности, на которой планируется установка ФЭМ.

Значение технического потенциала напрямую зависит от следующих параметров:

Угол установки ФЭМ относительно горизонта;

Габариты применяемых ФЭМ;

Температурный коэффициент панели;

Мощность солнечного модуля.

Определение доли энергии, которая может быть получена из солнечной энергии, с применением соответствующих технических средств, осуществляется путем расчета с учетом всех перечисленных выше факторов.

3.2.1. Пересчет солнечной инсоляции в зависимости от угла установки ФЭМ

Метеорологические данные, представленные на сайте ведомства NASA, отображают удельные значения солнечной инсоляции на горизонтальной поверхности. Данные значения не являются достаточными для точного определения значения инсоляции падающей на поверхность солнечных модулей, так как угол их наклона не равняется 0° относительно горизонта. Для максимальной производительности энергии фотоэлектрические модули должны быть смонтированы таким образом, чтобы солнечные лучи падали на рабочую поверхность модуля под углом 90° . Существующие на сегодняшний день установки позволяют добиться такого угла установки только в случае применения динамических солнечных систем, которые имеют название – трекерные. В случае с применением статических солнечных систем угол их установки должен выбираться исходя из соображений их эффективности, как в

летнее, так и в зимнее время года. В этом случае выбор данного угла зависит от широты местности, а так же может быть изменен, в зависимости от того, какой оптимизации в производстве энергии необходимо добиться. Так, он может быть уменьшен от оптимального значения, если фотоэлектрическая система работает в летний период (летний оптимум), увеличен, если фотоэлектрическая система эксплуатируется в основном в осенне-зимний период, или принят средним по значению, если фотоэлектрическая система предназначена для круглогодичной эксплуатации.

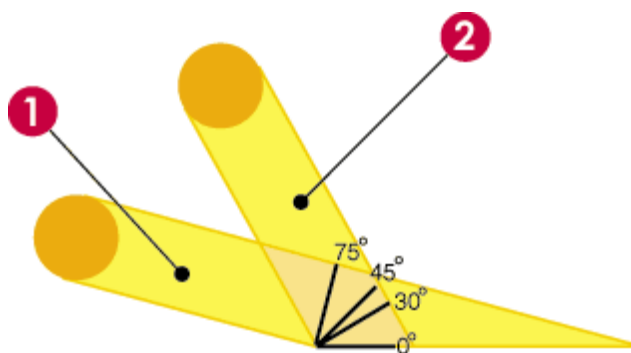


Рисунок 3.2 – Положение солнца в различные времена года:
зимой; 2 –летом

Существует упрощённая методика расчета оптимального угла установки, который позволяет производить отбор солнечной энергии с наибольшей эффективностью на протяжении всего года.

В случае расположения солнечной установки на широте менее 25 [31]:

$$\alpha_{\text{оп}} = 0,87L;$$

где L - числовое значение широты местности, где планируется установка ФЭМ.

В случае расположения солнечной установки на широте 25 -50 :

$$\alpha_{\text{оп}} = 0,76L + 3,1.$$

Географическое местоположение «Нового» моста 48.475 с.ш. 35.055 в.д. На основании известного значения широты, на которой находится объект находим оптимальный угол установки солнечных модулей, пользуясь формулой для второго случая приведенного выше.

$$\alpha_{\text{оп}} = 0,76 \cdot 48,48 + 3,1 = 40^\circ.$$

Еще одним важным моментом является ориентация установки солнечных панелей относительно сторон света. Такие конструкции ориентируют на юг, с незначительными отклонениями по азимуту, при этом устанавливают их с фиксированным углом, который в нашем случае равен 40° .

Полученное значение оптимального угла наклона дает возможность определить значение инсоляции для солнечной установки.

Расчет среднего значения инсоляции для наклонной поверхности для первого января производим по следующей формуле:

$$E_{40} = \frac{E_i}{\cos \alpha_{\text{оп}}} = \frac{0,78}{\cos 40^\circ} = 1,02 \text{ кВт} \cdot \text{час}/\text{м}^2.$$

Выполним расчет для определения средней инсоляции на м^2 для всех дней в году. Результаты пересчета представлены в прил. В.

Оптимизация выработки за счет наклонной установки ФЭМ повышает максимальную инсоляцию с 6,67 до 8,70 кВт · час/ м^2 , а минимальную с 0,65 до 0,85 кВт · час/ м^2 .

Результаты расчетов приведены на рис.3.3.

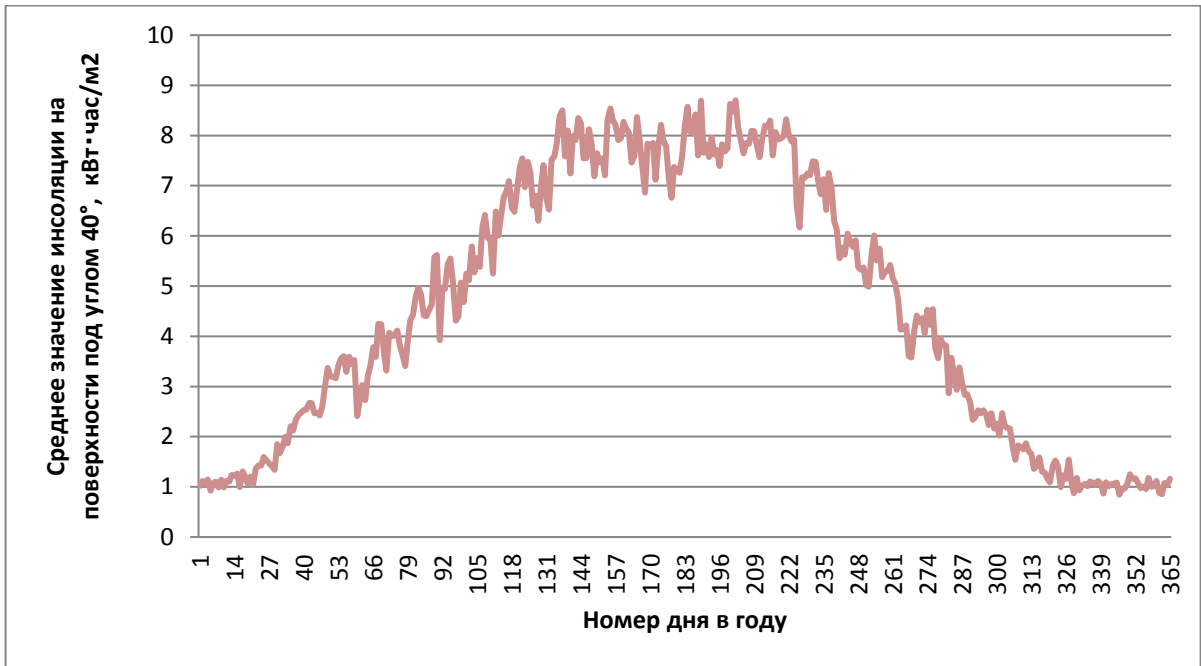


Рисунок 3.3 – График распределения среднего значения солнечной инсоляции на наклонной поверхности под углом 40° на протяжении года за период 2000...2017 гг

3.2.2. Пересчет солнечной инсоляции в зависимости от площади применяемых ФЭМ.

Все рассчитанные выше значения солнечной инсоляции являлись удельными, так как элементарная площадь падения солнечного излучения принималась на м^2 . Используемые на сегодняшний день солнечные батареи имеют различные массогабаритные параметры, которые во многих случаях превышают площадь в 1м^2 .

Для данной диссертации была выбрана солнечная панель со следующими параметрами:

Высота (h) – 1650мм;

Ширина (b)– 992 мм;

Глубина – 35 мм.

Тогда площадь солнечной панели с такими параметрами будет равна:

$$S_{\text{ФЭМ}} = h \cdot b = 1650 \cdot 992 = 16368000 \text{ мм}^2 = 1,64 \text{ м}^2.$$

Выполним пересчет солнечной инсоляции в соответствии с расчетным значением площади падения солнечных лучей для 1 января по формуле:

$$E_s = E_{40} \cdot S_{\text{ФЭМ}} = 1,02 \cdot 1,64 = 1,67 \text{ кВт} \cdot \text{час}.$$

Определяем значения солнечной энергии на наклонной поверхности солнечного модуля для каждого дня в году и основываясь на рассчитанных данных строим график (Рис 3.4).

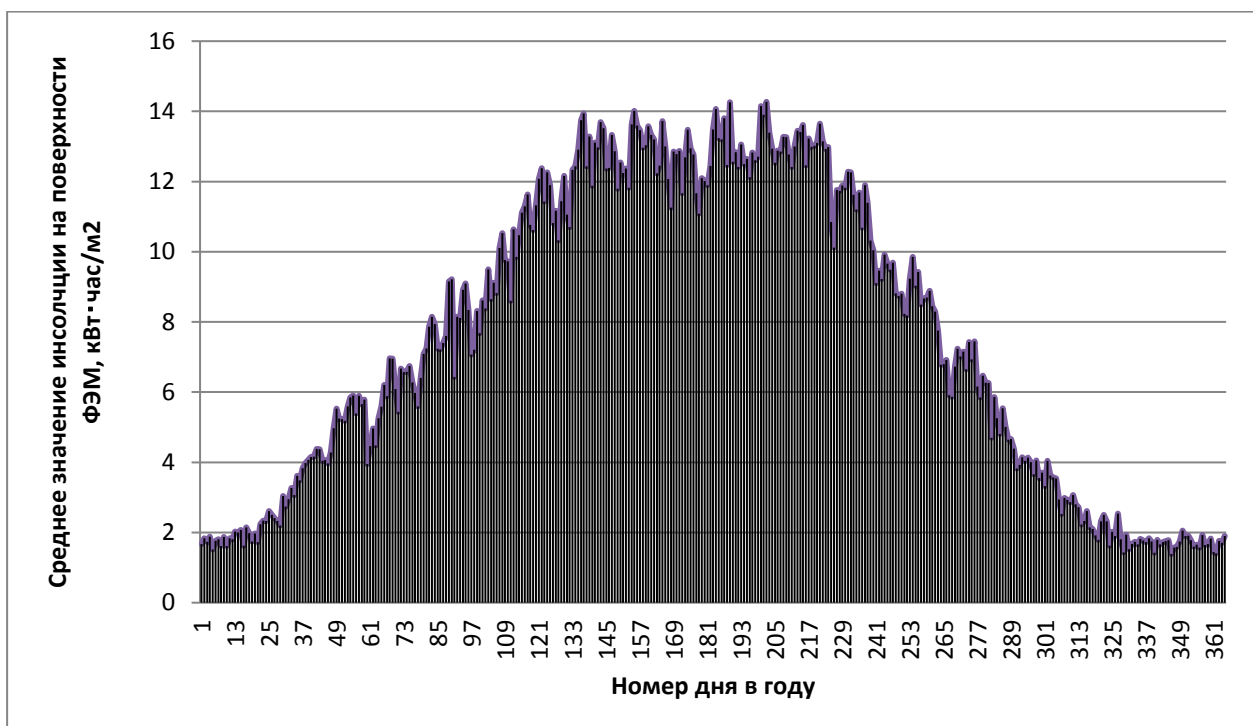


Рисунок 3.4 – График распределения среднего значения солнечной инсоляции на наклонной поверхности площади ФЭМ на протяжении года за период 2000...2017 гг.

3.2.3. Определение значения солнечной инсоляции с учетом температурного коэффициента панели.

Большое влияние на коэффициент полезного действия солнечной панели оказывает температура окружающей среды, в которой работает солнечная установка. При высоких температурах воздуха происходит нагрев солнечной

панели, этот процесс происходит за счет воздействия инфракрасного излучения, которое является лишь фактором ухудшающим работу солнечных панелей.

Значение коэффициента полезного действия солнечного модуля указано для испытаний при температуре 25°C. Отклонение температуры от температуры н.у. значительно влияет на значение мощности на выходе преобразователя солнечной энергии. Степень влияния температуры на выработку солнечной панели показывает температурный коэффициент ФЭМ, который представлен в его паспортных данных. Как правило, солнечные батареи на основе монокристаллических и поликристаллических солнечных элементов будут иметь температурный коэффициент в диапазоне от -0,44% до -0,50%. Это значит, что при повышении температуры на 1°C выходная мощность модуля будет на 0,44% меньше от номинальной. В данном случае будет наблюдаться и обратный эффект – повышение выработки солнечной панели при понижении температуры окружающей среды ниже указанных выше 25°C.

В связи с изложенным выше, данный фактор необходимо учитывать при определении технического потенциала солнечной энергии. Для осуществления расчета была выбрана солнечная поликристаллическая панель компании Trina Solar, температурный коэффициент которой – -0,41%. Также необходимыми данными является статистика температуры воздуха, которая была найдена за период с 2000...2017 гг., и рассчитано среднегодовое значение температуры для каждого дня в году (Рис 3.5).

Методика расчета среднего фактического значения энергии, вырабатываемой 1-го января выбранной панелью, приведена ниже.

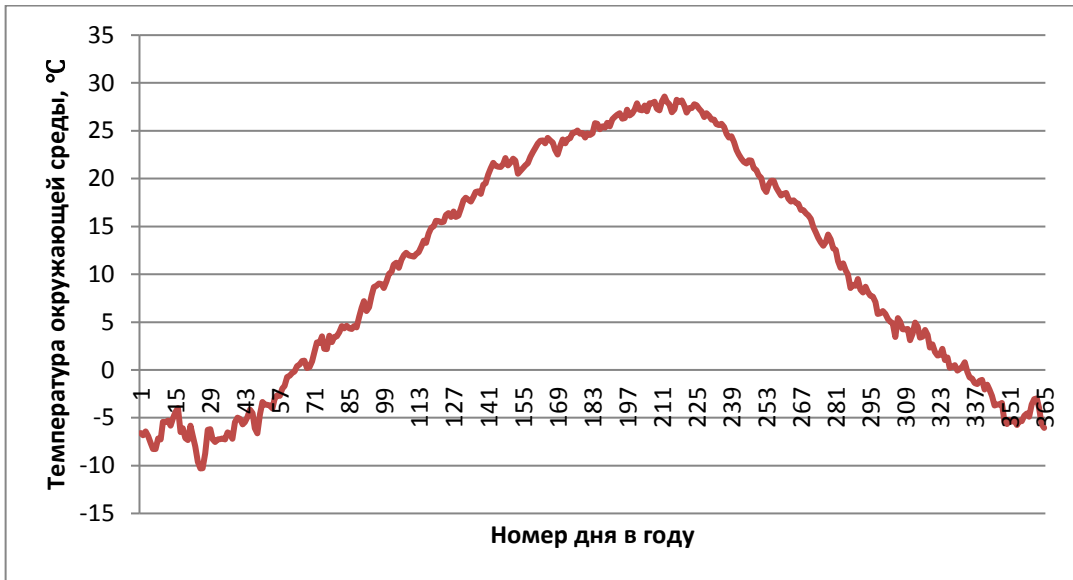


Рисунок 3.5 – График распределения среднегодового значения температуры воздуха для каждого дня за период 2000-2017 гг.

Согласно базе данных NASA рассчитано среднее значение температуры для 1-го января, которое составляет:

$$t_{\text{cp}} = -6,58 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Определено отклонение значения температуры данного дня от значения температуры при нормальных условиях (н.у.):

$$t_{\text{раз}} = t_0 - t_{\text{cp}} = 25 - (-6,58) = 31,58 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Согласно данным базы данных NASA находим среднее значение радиации для выбранного дня:

$$E_s = 1,67 \text{ кВт} \cdot \text{час}.$$

Значение поступающей энергии при данном отклонении температуры:

$$E_{\text{пад}} = t_{\text{раз}} \cdot K_t = 31,58 \cdot (-0,41) = -12,95\%.$$

В % отношении от номинального ККД значение:

$$\eta_{\text{доля}} = \frac{\eta_{\text{ном}} \cdot E_{\text{пад}}}{100} = \frac{16,5 \cdot 12,95}{100} = 2,14\%.$$

Находим КПД при данной температуре:

$$\eta_{\text{рас}} = \eta_{\text{ном}} - (-\eta_{\text{доля}}) = 16,5 + 2,14 = 18,64\%.$$

Определяем фактическое значение полученной энергии для 1-го января с учетом отклонения температуры:

$$E_{\text{мод}} = \frac{\eta_{\text{рас}} \cdot E_s}{100} = \frac{18,64 \cdot 1,67}{100} = 0,31 \text{ кВт} \cdot \text{час}.$$

По данной методике были рассчитаны средние значения фактической энергии, вырабатываемой солнечным модулем в течении астрономического года (см.прил. Г). График распределения возможной выработки в каждый из 365 дней в году приведен на рис 3.6.

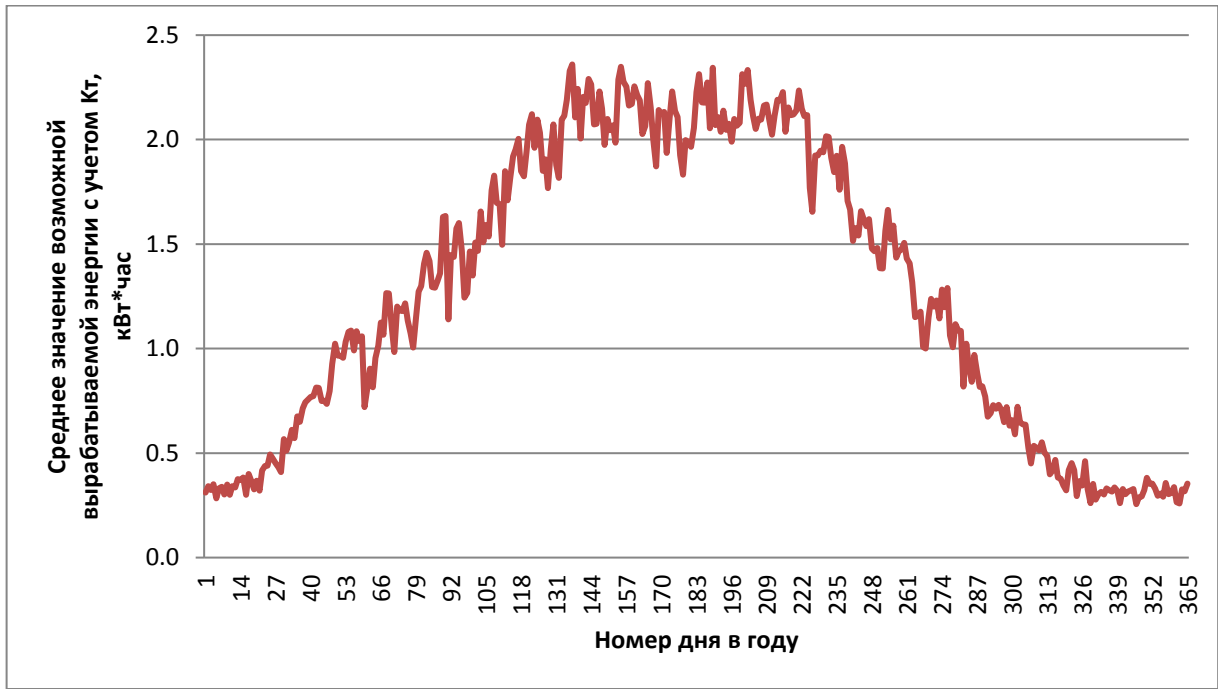


Рисунок 3.6 – График распределения возможного среднего значения выработки в каждый из 365 дней в году с учетом средней инсоляции за период 2000-2017 гг.

На графике видно, что максимальная выработка в сутки будет составлять 2,36 кВт·час, а минимальная – 0,26 кВт·час. При этом суммарный годовой технический потенциал, который можно получить с одного ФЭМ:

$$W_{\text{т.фэм}} = 492,8 \text{ кВт} \cdot \text{час}.$$

Общее количество ФЭМ, которое планируется установить на «Центральном» мосту соответствует количеству светодиодных светильников. Тогда годовой технический потенциал с учетом количества панелей находим как:

$$W_{\text{тс}} = N_{\text{п}} \cdot W_{\text{т.фэм}} = 84 \cdot 492,8 = 41395,2 \text{ кВт} \cdot \text{час}.$$

3.3. Определение ветрового потенциала в районе «Центрального» моста

3.1.1. Определение валового потенциала с помощью статистического анализа данных скорости ветра в районе «Центрального» моста

Существуют общие методы получения данных о характеристиках энергии ветра, которые играют определяющую роль при оценке ветроэнергетического потенциала региона:

- аналитический (необходимые параметры для конкретной географической точки, определяются расчетным путем);
- непосредственные (обычно непродолжительные) измерения на месте;
- многолетние измерения по единой методике на метеостанциях, результаты аккумулированы в климатических справочниках и базах данных;

Для определения ветрового потенциала применялись два последних метода.

Оценка энергетического потенциала возобновляемых источников энергии включает в себя оценку валового (природно-климатического) и технического потенциала. Для оценки ветроэнергетики конкретного региона, в соответствии с современными требованиями, используются специализированные климатические характеристики. Сюда входят средние многолетние скорости ветра, данные об изменениях скорости ветра в различные сезоны, распределения повторяемостей скорости ветра по градациям в разные сезоны, направления ветров различных скоростей и поправочные коэффициенты, учитывающие изменения скорости ветра в пространстве под влиянием мезонеоднородностей подстилающей поверхности [32].

Определение скорости ветра является важным этапом для корректной оценки ветроэнергетического потенциала. Данные достаточные для требуемого анализа должны быть получены не менее чем за десять лет наблюдений. Увеличение длительности данного периода приводит к более точным результатам, что климатически обосновано и достаточно для получения средних многолетних значений скоростей ветров.

Необходимые данные скоростей ветра были получены для локализации с геоданными 48.475 с.ш. 35.055 в.д. «Центральный» мост характеризуется открытой местностью и находится непосредственно над водной гладью, что необходимо учитывать при определении валового потенциала.

Многолетние данные собранные ведомством NASA для заданной геоточки за период 2000-2017 гг. (см. в прил. Д). Был выполнен расчет среднего значения скорости ветра за каждые сутки в приведенный ранее период. График распределения скоростей ветра для каждого дня в году представлен на рис.3.7

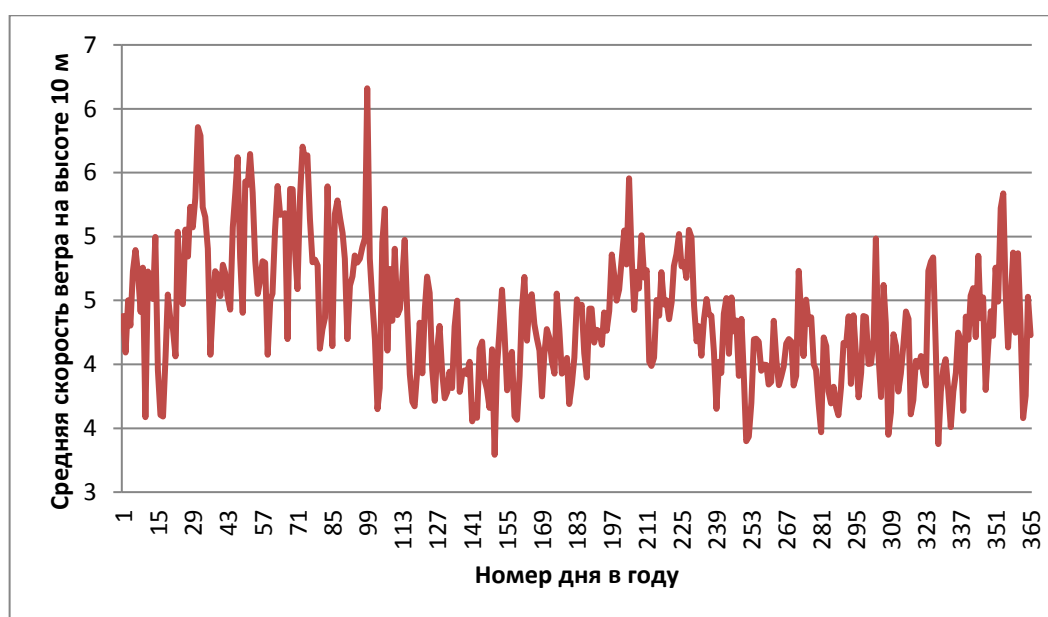


Рисунок 3.7 – Распределение средней скорости ветра в течении года на высоте флюгера, полученные за период 2000...2017 гг.

Средние значения скоростей ветра, представленные на данном графике, были измерены на высоте флюгера и являются отличными от тех значений, которые фактически будут использоваться ветрогенератором для производства электрической энергии. В этом случае осуществляется расчет скорости ветра на планируемой высоте ветроагрегата. Так как Центральный мост находится над уровнем земли на высоте около 14 м, а опорой для установки ветрогенератора является осветительная опора, принимаем высоту сбора мощности ветрового потока на высоте 26 м. Пересчет скорости ветра выполняется по формуле:

$$V_h = V_\phi \cdot \left(\frac{h}{h_\phi}\right)^m$$

где V_h – скорость ветра на высоте $h = 26\text{ м}$; V_ϕ – скорость на высоте флюгера; h_ϕ – высота флюгера, $h_\phi = 10\text{ м}$; m – коэффициент, зависящий от средней скорости на высоте флюгера. Зависимость значений m от скорости ветра иллюстрируется данными табл. 3.1

Таблица 3.1 – Зависимость коэффициента m от средней скорости на высоте флюгера.

$V_\phi, \text{ м/с}$	0...3	3,5...4	4,5...5	5,5	6...11,5	12...12,5	13...14
m	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,35	0,13

Для данного случая принимаем $m=0,17$ и выполним расчет для определения скорости ветра на высоте 26 м для первого дня в году:

$$V_{h\text{ср}} = 4,38 \cdot \left(\frac{26}{10}\right)^{0,17} = 5,15\text{ м/с.}$$

На рис. 3.8 представлен график распределения скоростей на выбранной высоте.

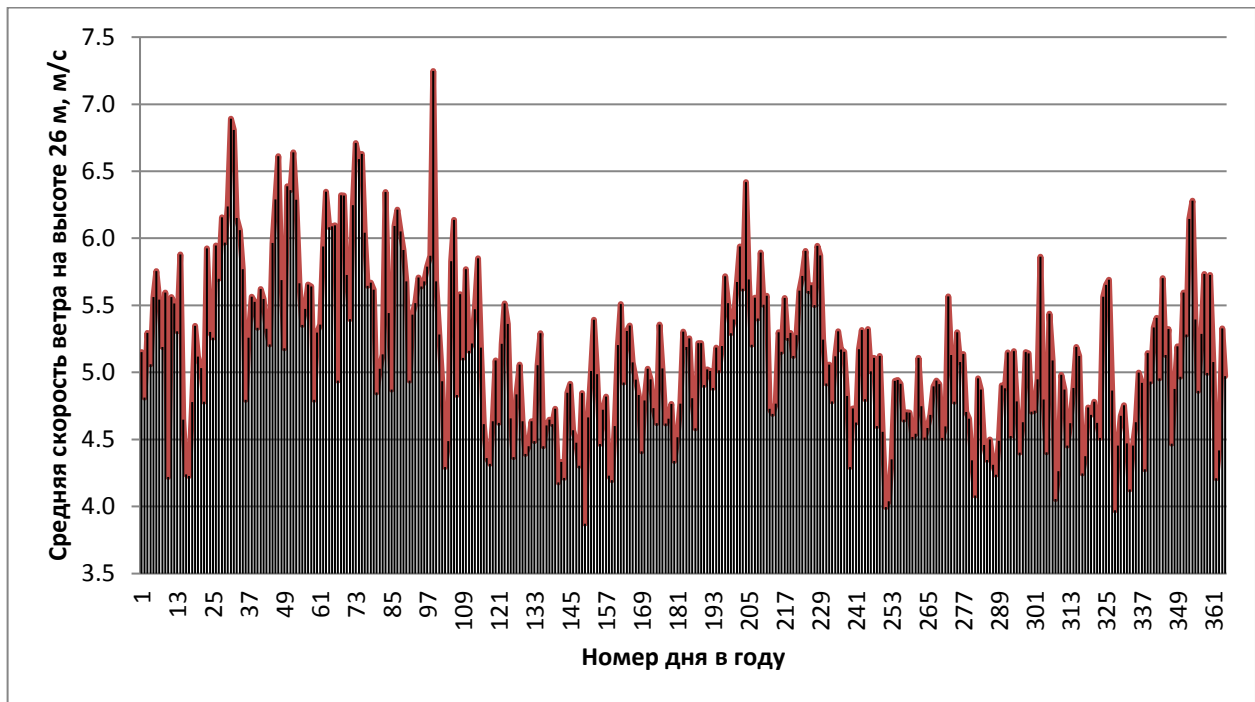


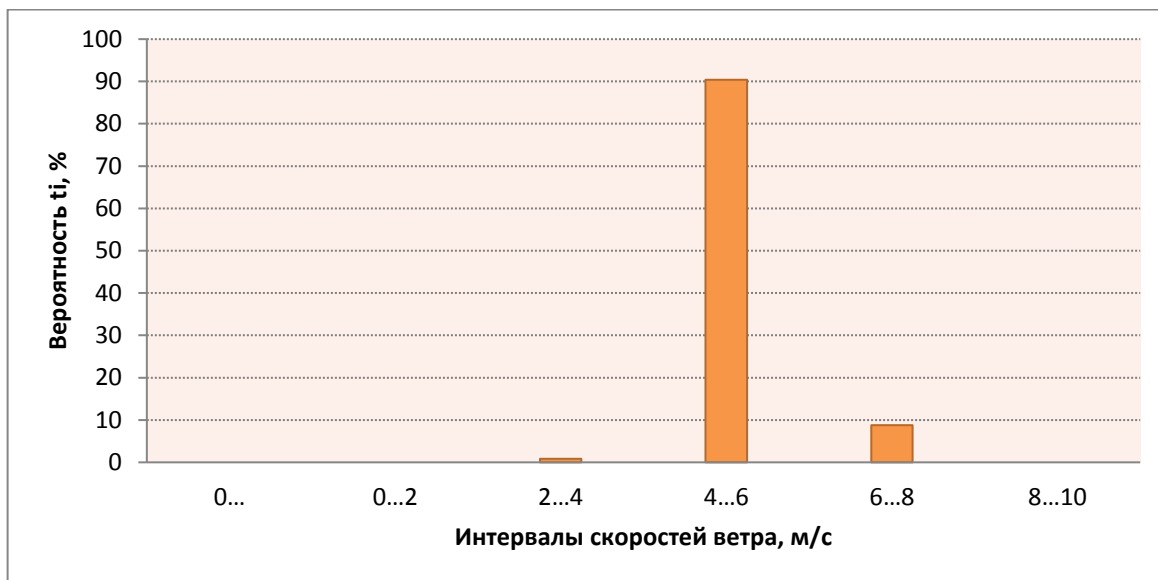
Рисунок 3.8 – График распределения средней скорости ветра на высоте 26 м для каждого дня в году на протяжении периода 2000-2017 гг.

Важным параметром является повторяемость скорости ветра по фактическим данным. Выбранный период наблюдений, который составляет 18 лет позволяет получить высокую достоверность результатов. Суть данного метода заключается в определении скоростей ветра преобладающих в данном регионе. Полученный диапазон средних скоростей по методике был разбит на интервалы от 0 до максимального расчетного значения. Количество попаданий найденных скоростей в определенный интервал определяется по формуле:

$$t_i = \frac{r_i}{R} \cdot 100\%;$$

где r_i - определенный интервал; R - общее количество значений скоростей ветра.

В соответствии с приведенной формулой был построен график повторяемости скоростей ветра, который приведен на рис 3.9.



Диапазон	0...0.2	0.2...0.4	0.4...0.6	0.6...0.8	0.8...1.0
Число попаданий	0	3	330	32	0
% попадания на высоте 26 м	0	0,82	90,41	8,77	0

Рисунок 3.9 – Распределение вероятности средних значений скоростей ветра в определенных интервалах.

Из представленного графика видим, что скорость в диапазоне 4...6 м/с на высоте 26 м является преобладающей. При этом вероятность ветров в пределах от 6 до 8 м/с, а также от 2 до 4 м/с значительно меньше, однако имеет место по сравнению с остальными рассмотренными интервалами. График повторяемости скоростей является характеристикой, сильно влияющей на теоретических ветровой потенциал, так как оказывает влияние на среднегодовую скорость ветра. Помимо энергетических параметров воздушных масс необходимо в зависимости от температуры окружающей среды определить удельную плотность воздуха по формуле:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{288}{(T_K + 273)};$$

где ρ_0 - номинальная плотность воздуха при температуре 15 °С, $\rho_0 = 1,226$ кг/м³; T_K - температура окружающей среды, °С.

Выполним расчет на примере 1 января. Средняя температура для данного дня в году составила -6,58 °С.

$$\rho = 1,226 \cdot \frac{288}{((-6,58) + 273)} = 1,325 \text{ кг/м}^3.$$

С учетом вероятности повторяемости скоростей и плотности воздуха для каждого дня в году определяем среднюю удельную мощность для каждого дня в году:

$$\langle P_{уд} \rangle = 1/2 \cdot \rho \cdot (V_i)_{ср}^3 \cdot t_i.$$

Таблица полученных значений представлена в прил. Е.

Удельная мощность воздушного потока на 1 января:

$$\langle P_{уд} \rangle = 1/2 \cdot 1,325 \cdot 5,15^3 \cdot 0,9123 = 81,89 \text{ Вт/м}^2.$$

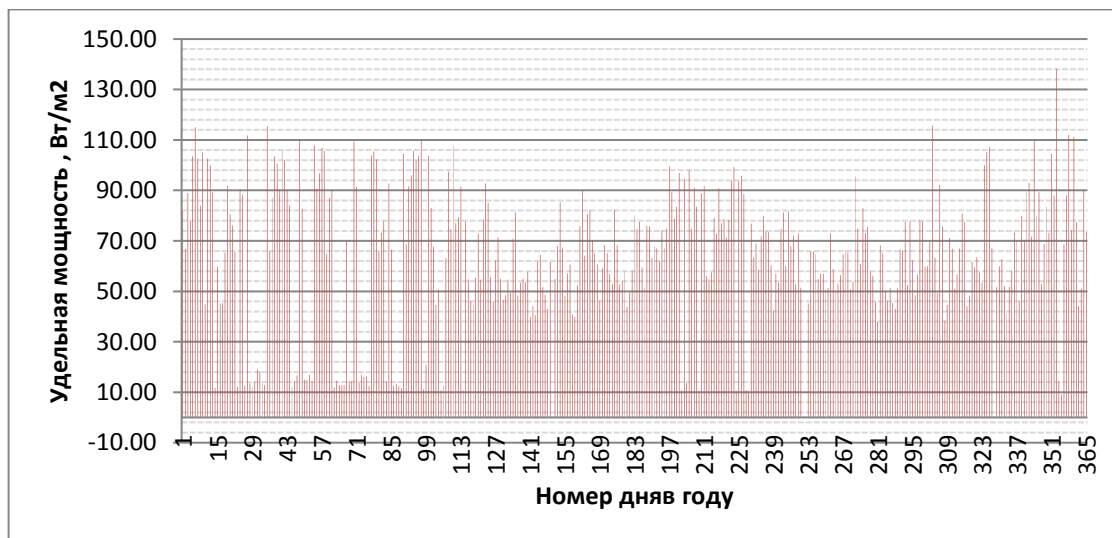


Рисунок 3.10 – Распределение удельной мощности ветрового потока для каждого дня в году

Расчетные значения суточной удельной мощности, по которым была определена годовая удельная мощность ветрового потока, определяет валовый потенциал ветровой энергии по следующей формуле:

$$W_{\text{вц}} = \langle P_{\text{уд}} \rangle_{\text{год}} \cdot S_{\text{мц}} \cdot T = 23224,22 \cdot 31038 \cdot 8760 = 6\,314\,500,1 \text{ МВт} \cdot \text{час.}$$

Валовый потенциал является теоретическим, для определения мощности и энергии, которая может быть преобразована в электрическую энергию необходимо определение технического потенциала, который в свою очередь уже определяются исходя из современного уровня развития и технических параметров и возможностей применяемого оборудования.

3.1.2. Определение ветрового технического потенциала в районе «Центрального» моста

Технический потенциал ветровой энергии – это суммарная электрическая энергия, которая может быть получена в регионе от использования валового потенциала ветровой энергии при современном уровне развития технических средств и соблюдения экологических норм.

Формула для расчета технического потенциала ветрогенератора имеет следующий вид:

$$W_{\text{тц}} = W_{\text{вц}} \cdot C_p \cdot \eta_g \cdot \eta_p \cdot \frac{S_{\text{ТВ}}}{S_{\text{мц}}}$$

где C_p – коэффициент использования ветра, который имеет сложную зависимость от скорости ветра. Максимально достигнутое значение для ветрогенераторов с горизонтальной осью вращения 0,4...0,45. Принимаем $C_p = 0,4$.

η_g, η_p – коэффициенты полезного действия генератора и редуктора ветроустановки соответственно, значения которых чаще всего принимают 0,9.

$S_{ТВ}$ – зона территории, которая по техническим и экологическим параметрам может быть пригодна для размещения на ней ветроустановок.

Данный параметр определяем исходя из зоны расположения осветительных опор, так как ветрогенератор будет устанавливаться на опору как на мачту. Тогда ширина зоны возможная для установки опор равна $k=1$ м, а длину участка принимаем равную длине моста $L = 14$. Тогда площадь пригодная для установки ВЭУ определяется:

$$S_{ТВ} = k \cdot L = 1 \cdot 1478 = 1478 \text{ м}^2.$$

Находим годовой технический потенциал:

$$W_{тц} = 6\,314\,500,1 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot \frac{1478}{31038} = 108\,248,57 \text{ МВт} \cdot \text{час}.$$

Исходя из полученного значения технического потенциала определим его долю в о.е. от ранее рассчитанного валового потенциала.

$$\frac{W_{тц}}{W_{вц}} = \frac{108248,57}{6\,314\,500,1} = 0,017 \text{ либо } 1,7 \text{ \%}.$$

3.4. Определение валового потенциала гидроэнергетических ресурсов в районе «Центрального» моста

Изучение гидроэнергетических ресурсов данной местности, так же предполагает анализ статистических данных по двум основным параметрам, влияющим на значение валового гидропотенциала. Для свободнопоточных ГЭС, мощность и энергия которых определяется скоростью водяного потока, с учётом известных соотношений, определяющих баланс кинетической и потенциальной

энергии замкнутой системы, а также зависимость расхода жидкости Q от скорости V её истечения через сечение заданной площади S [33].

В связи с недостаточностью действующих на сегодняшний день метеорологических станций и водомерных постов на реках, озерах и водохранилищах привело к невозможности получения объективных гидрологических сведений. В таком случае расчётными данными являются данные полученные путем использования косвенных методов определения гидрологической информации. То есть, используются усредненные данные известные из гидрологических тематических карт, а так же общих сведений о водном режиме реки Днепр в центральной области города Днепр.

Методика расчетов мощностей текущей воды характеризуется величиной расхода и скоростью течения. Русло потока – площадью поперечного сечения и уклоном.

Первым этапом определяем сечение русла реки. Принимаем ширину русла равную $b_{\text{русла}} = 1,36$ км исходя из рис. ?. Глубина русла в свою очередь принимается – $h_{\text{рус}} = 5$ м.

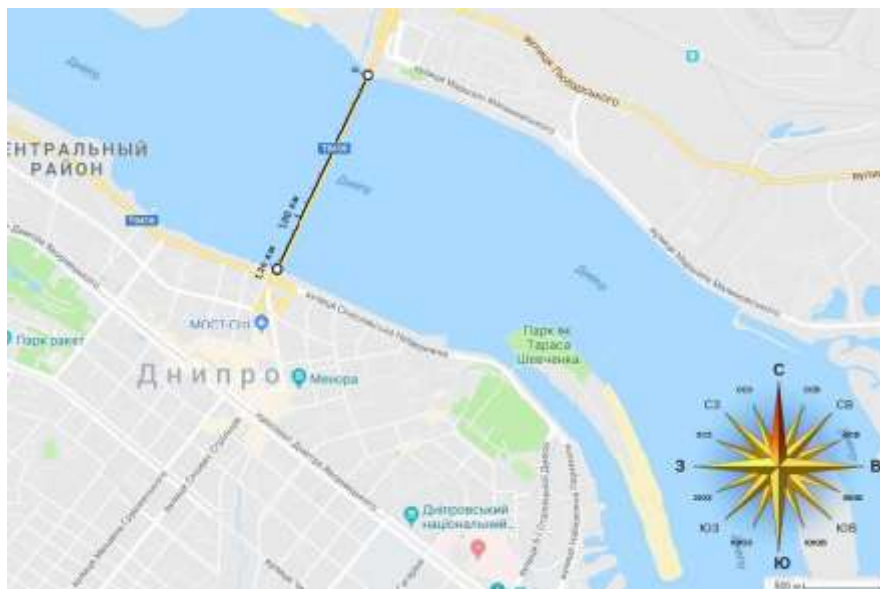


Рисунок 3.11 – Ситуационный план расположения «Центрального» моста

Тогда площадь сечения русла реки находим по формуле:

$$F_{\text{русла}} = b_{\text{русла}} \cdot h_{\text{рус}} = 1360 \cdot 5 = 6800 \text{ м}^2.$$

Вторым этапом определим расход воды применительно к данной местности исходя из среднего значения скорости водного течения, которое принимаем $V_{\text{теч}} = 0,8 \text{ м/с}$:

$$Q_{\text{м}} = V_{\text{теч}} \cdot F_{\text{русла}} = 0,8 \cdot 6800 = 5440 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

При расчете потенциала необходимо учитывать, что при протекании воды через какой либо предмет этот предмет будет представлять собой некий подпор. В профиле водной поверхности вдоль прямолинейной части потока на участке, где сказывается влияние мостового перехода, различаются три характерных участка. Выше моста от сечения, где начинает влиять мостовой переход, наблюдается кривая подпора, в пределах которой уровни повышаются, а уклоны и скорости снижаются по сравнению с бытовыми. В некотором сечении разность подпертой и бытовой глубин достигает наибольшей величины и называется подпором перед мостом.

Далее вниз по течению свободная поверхность потока характеризуется кривой спада, в пределах которой уклоны и скорости возрастают по сравнению с бытовыми, а глубины постепенно снижаются. Непосредственно под мостом уровень мало отличается от бытового и глубины под мостом отличаются от бытовых на сотые или тысячные доли последних. Далее вниз по течению бытовые глубины восстанавливаются [34].

При данной скорости исходя из справочных данных гидростатический напор будет составлять порядка $H_{\text{п}} = 0,09 \text{ м}$. Количество энергии, получаемой на каком-то конкретном месте свободного потока определяется по следующей формуле :

$$N_{\text{пот}} = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot Q \cdot H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 5440 \cdot 0,09 = 4\,802\,976 \text{ Вт}.$$

Определяем валовый годовой потенциал данного источника:

$$W_{\text{в.пот}} = N_{\text{пот}} \cdot T = 4\,802\,976 \cdot 8760 \\ = 42\,074\,069\,760 \text{ Вт} \cdot \text{час либо } 42\,074,1 \text{ МВт} \cdot \text{час.}$$

Полученный результат расчета валового потенциала является оценочным и ориентировочным, и может быть скорректирован при наличии статистических данных скоростей течения водного потока.

Выводы по разделу 3

В данном разделе используя статистические данные солнечной инсоляции и скорости ветра на высоте флюгера за период 2000...2017 гг. из базы данных ведомства NASA были рассчитаны потенциалы энергии солнца и ветра для объекта «Центральный» мост. По результатам расчета валовый и технический потенциал солнечной энергии составил – 41760,39 МВт·час и 41,1 МВт·час соответственно. Расчет технического потенциала был выполнен с учетом угла наклона ФЭМ его массогабаритных параметров, а также с учетом температурного коэффициента панели. Значения ветрового потенциала – 6 314 500,10 МВт·час и 108 248,57 МВт·час соответственно.

В разделе приведен расчет гидроэнергетического потенциала в месте расположения «Центрального» моста, который составил 42 074,1 МВт·час. Была определена проблема недостаточности статистических данных о водном режиме реки Днепр в центральной области города Днепр.

РАЗДЕЛ 4 ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РАЙОНЕ ПЕШЕХОДНОГО МОСТА

Методы исследования потенциала альтернативных источников энергии, для данного объекта, являются идентичными методам, которые используются в предыдущем разделе.

4.1. Определение потенциала солнечной инсоляции в районе пешеходного моста

4.1.1. Определение валового потенциала с помощью статистического анализа данных солнечной инсоляции в районе Пешеходного моста

Отдельно для данного объекта (местности) были получены данные солнечной инсоляции за период 2000...2017 гг из архива статистических данных ведомства NASA. Сопоставив их с данными полученными для «Центрального» моста, было определено полное соответствие данных солнечной инсоляции для обоих объектов.

В данном случае с учетом площади годовой валовой потенциал для района Пешеходного моста будет определяться:

$$W_{\text{ВП}} = E \cdot S_{\text{МП}}$$

где $S_{\text{М}}$ – площадь Пешеходного моста $S_{\text{МП}} = 422,4 \text{ м}^2$

$$W_{\text{ВП}} = 1345,46 \cdot 422,4 = 568,32 \text{ МВт} \cdot \text{час.}$$

4.1.2. Определение технического потенциала солнечной энергии в районе Пешеходного моста.

Рассчитываемый технический потенциал солнечной энергии, основывается на учете таких параметров как угол наклона солнечного модуля,

массогабаритные параметры ФЭМ, а также на учете температуры окружающей среды. Исходя из того, что данный объект расположен на той же широте, что и ранее рассчитанный объект («Центральный» мост), утверждаем, что возможный технический потенциал с учетом перечисленных факторов для одной панели будет равен найденному значению технического потенциала для местности расположения «Центрального» моста. Тогда, суммарный годовой технический потенциал, который можно получить с одного ФЭМ:

$$W_{т.п} = 492,8 \text{ кВт} \cdot \text{час.}$$

Учитывая количество ФЭМ, возможное для установки на данном объекте полный годовой технический потенциал находим по формуле:

$$W_{т} = N_{\text{дорп}} \cdot W_{т.п} = 16 \cdot 492,8 = 7\,884,8 \text{ кВт} \cdot \text{час.}$$

4.2. Определение ветрового потенциала в районе Пешеходного моста

4.2.1. Определение валового потенциала с помощью статистического анализа данных скорости ветра в районе Пешеходного моста

Данными для определения валового потенциала ветровой энергии для данного региона, так же являлась статистика скоростей ветра найденная для координат местности из архива ведомства NASA. Значения найденные за период 2000-2017гг. были сведены к средним значениям и сформированы в виде таблицы (см. в прилож. Ж). График распределения средних значений в зависимости от дня в году приведен на рис.4.1.

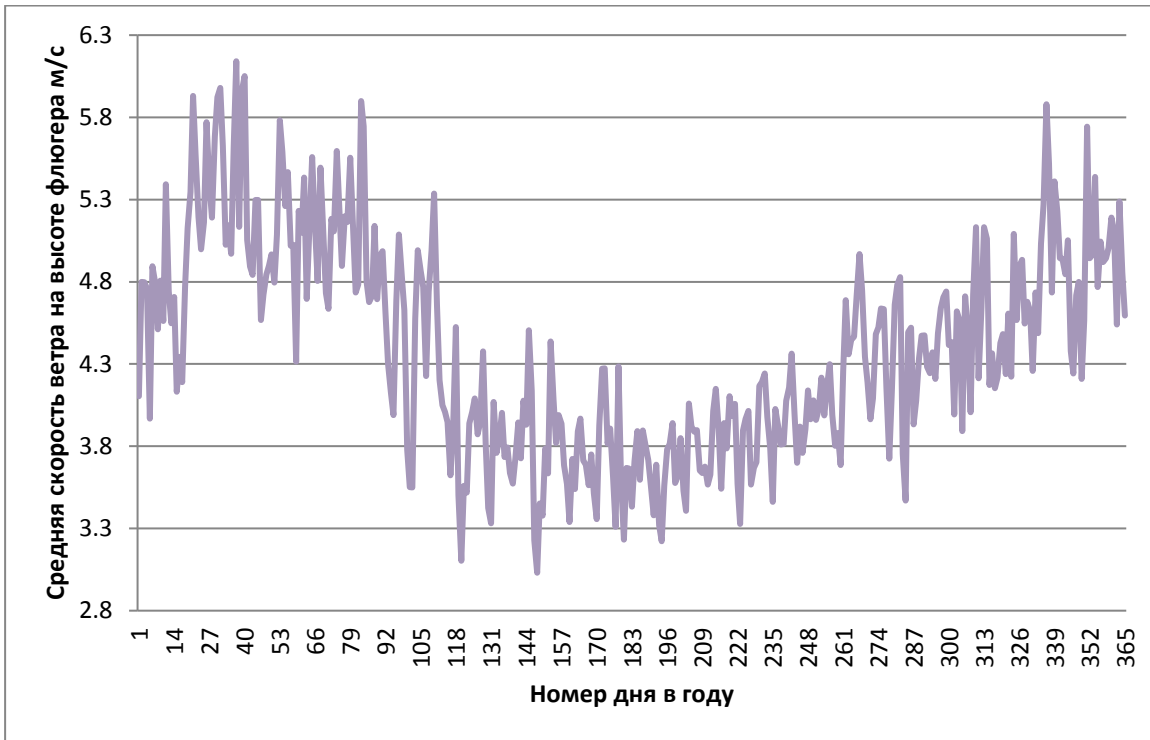


Рисунок 4.1. График распределения средних скоростей ветра в зависимости от дня в году на высоте флюгера (10 м) найденные за период 2000...2017 гг.

При этом максимальная средняя скорость ветра в этом районе определена для 6-го февраля и составила – 6,14 м/с, при этом минимальное значение было найдено для 28-го мая и составило – 3,03 м/с.

Согласно методике, была определена скорость ветра на планируемой высоте установки ветротурбины – 17м для первого дня в году:

$$V_{\text{нсп}} = 4,10 \cdot \left(\frac{14}{10}\right)^{0,17} = 4,34 \text{ м/с.}$$

На рис. 4.2 представлен график распределения скоростей на выбранной высоте.

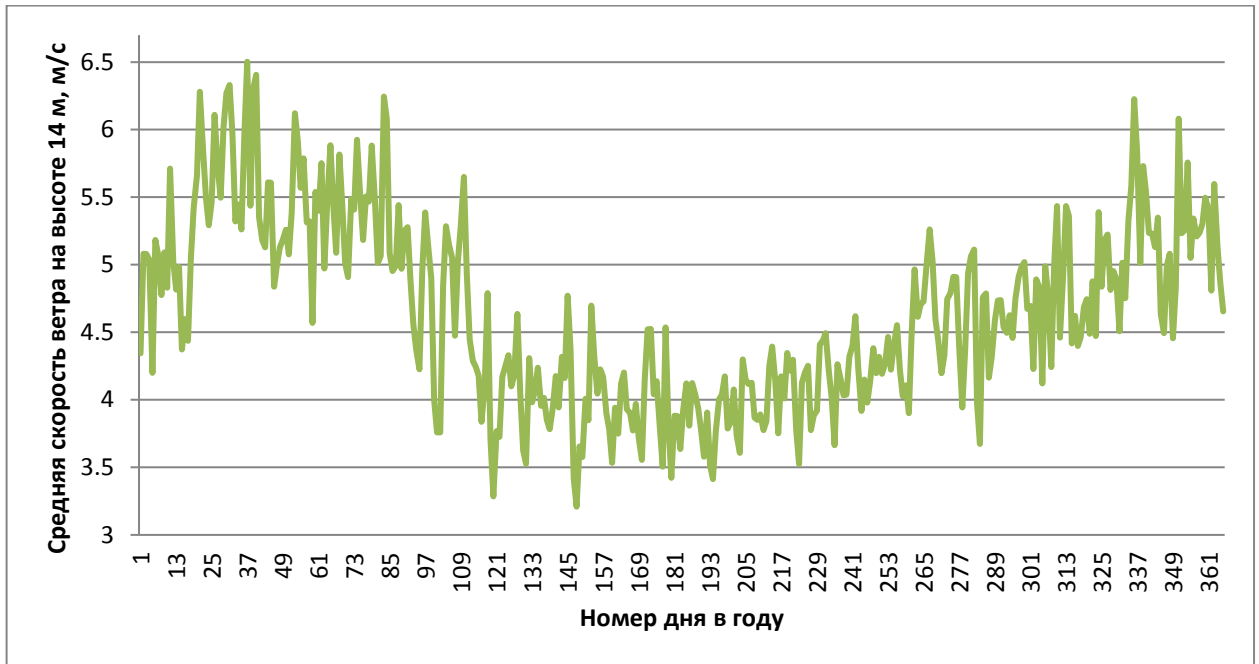
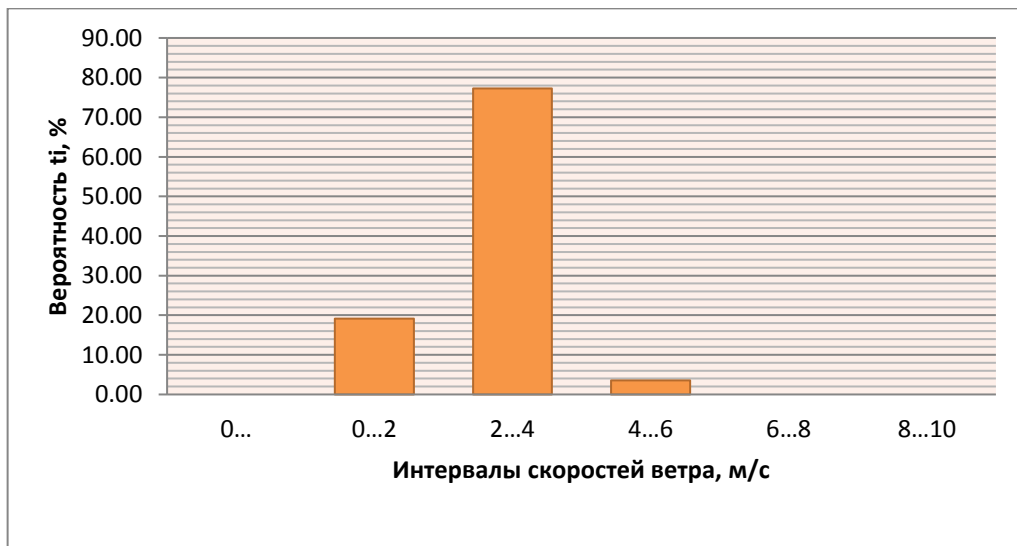


Рисунок 4.2 График распределения средних скоростей ветра в зависимости от дня в году на 14 м найденные за период 2000...2017 гг.

Был также построен график повторяемости скоростей, приведенный на рис. 4.3



Диапазон	0...	0...2	2...4	4...6	6...8	8...10
Число попаданий	0	70	282	13	0	0
% попадания на высоте 14 м	0,00	19,18	77,26	3,56	0,00	0

Рисунок 4.3– Распределение вероятности средних значений скоростей ветра в определенных интервалах

Из представленного графика видим, что скорость в диапазоне 2...4 м/с на высоте 14 м является преобладающей, как и в расчете повторяемости скоростей ветра для «Центрального» моста. При этом вероятность ветров в пределах от 4 до 6 м/с меньше нежели в диапазоне от 0 до 2 м/с, что является отличием данного моста от ранее рассчитанного.

С учетом вероятности повторяемости скоростей и плотности воздуха для каждого дня в году определяем среднюю удельную мощность для каждого дня в году. И на основании найденных данных был построен график (рис.4.4) дельной мощности ветрового потока для каждого дня в году.

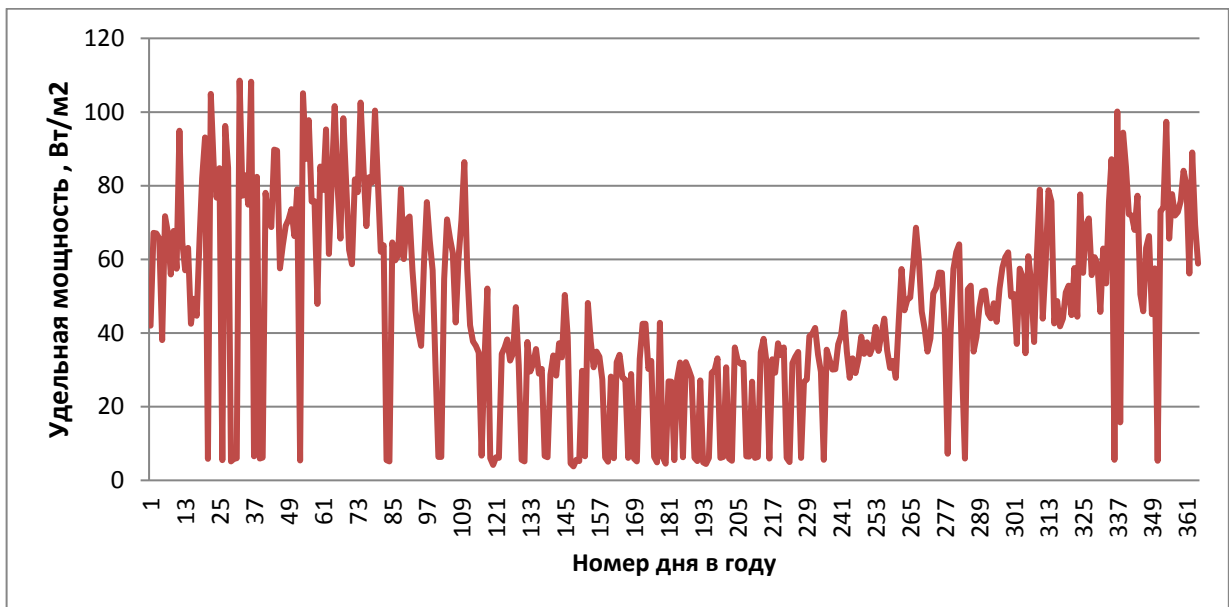


Рисунок 4.4 – Распределений удельной мощности ветрового потока для каждого дня в году

Расчетные годовая удельная мощность ветрового потока, определяет валовый потенциал ветровой энергии по следующей формуле:

$$W_{\text{ВП}} = \langle P_{\text{уд1}} \rangle_{\text{год}} \cdot S_{\text{МП}} \cdot T = 16801,49 \cdot 422,4 \cdot 8760 = 6216,92 \text{ МВт} \cdot \text{час.}$$

4.2.2. Определение ветрового технического потенциала в районе Пешеходного моста

Расчет технического потенциала данного объекта был произведен на основании данных, которые были использованы для расчета потенциала «Центрального» моста.

Пользуясь формулой для расчета технического потенциала была определен технический потенциал ветровой энергии:

$$W_{\text{ТП}} = 6216,93 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot \frac{44}{422,4} = 233,135 \text{ МВт} \cdot \text{час.}$$

Исходя из полученного значения технического потенциала найдена его доля в о.е. от ранее рассчитанного валового потенциала.

$$\frac{W_{\text{ТП}}}{W_{\text{ВП}}} = \frac{233,135}{6216,93} = 0,0375 \text{ либо } 3,75 \text{ \%}.$$

4.3. Определение валового потенциала гидроэнергетических ресурсов в районе Пешеходного моста

Определение водного потенциала в данном регионе необходимо ориентировать на учет изменений расхода воды, основываясь на данных о сужении русла в месте реки, где был построен Пешеходный мост. Изменение уклона, шероховатости дна, сужения и расширения русла вызывают изменение соотношения движущей силы и силы сопротивления, что приводит к изменению скоростей течения по длине реки и в живом сечении [35]. К сожалению, данные о наклоне русла, а так же его шероховатости дна получить сложно. В данном случае необходимо отталкиваться от известных величин.

Здесь скорость течения на участке реки с шириной русла 136,64 м будет равна 0,8 м/с (исходя из принятой скорости течения на местности расположения «Центрального» моста). Тогда, в этом случае, скорость в месте расположения Пешеходного моста так же принимаем равной 0,8 м/с и рассчитываем изменение расхода воды при сужении русла до 82 м.

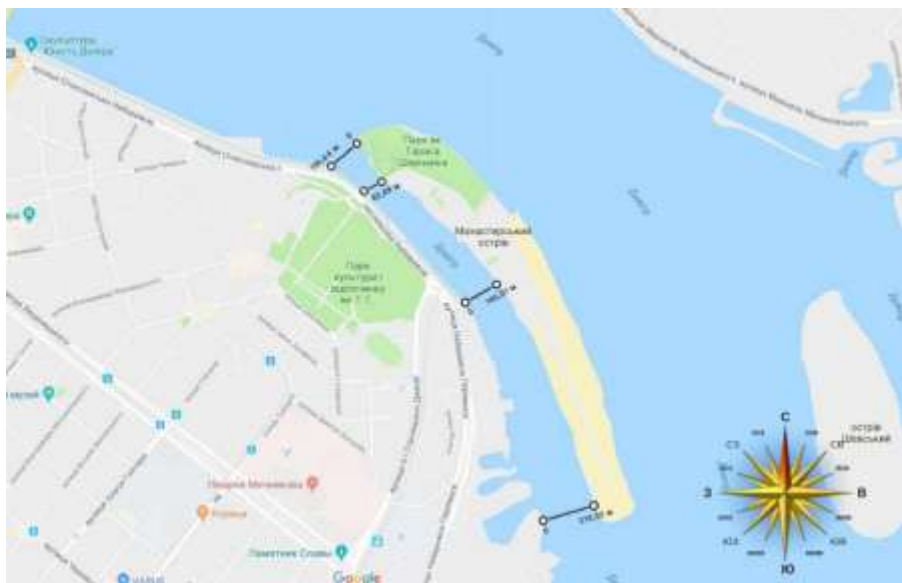


Рисунок 4.5 – Ситуационный план расположения «Центрального» моста

Расход воды выражается в кубических метрах и может быть определен по формуле:

$$Q_p = V_{\text{теч}} \cdot F_{\text{русла1}} = 1,2 \cdot 82 \cdot 5 = 492 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Для данного значения скорости подпор будет составлять порядка $H_{\text{п}} = 0,07$. Количество электроэнергии, в месте свободного потока было определено по следующей формуле:

$$N_{\text{пот1}} = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot Q_p \cdot H_{\text{п}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 492 \cdot 0,07 = 337\,865,4 \text{ Вт}.$$

Определяем валовый годовой потенциал данного источника:

$$\begin{aligned} W_{\text{в.пот1}} &= N_{\text{пот}} \cdot T = 337865,4 \cdot 8760 \\ &= 2\,959\,622\,064 \text{ Вт} \cdot \text{час либо } 29\,596,22 \text{ МВт} \cdot \text{час.} \end{aligned}$$

Вывод по разделу 4

В данном разделе были определены потенциалы возобновляемых источников энергии для местности расположения Пешеходного моста. Анализ статистических данных показал полное соответствие значений солнечной инсоляции за период 2000...2017 для данного объекта с значениями, найденными для местности расположения Центрального моста.

Был выполнен расчет по определению ветрового валового и технического потенциалов для данного объекта, которые составили 6216,92 МВт · час/год и 233,14 МВт · час/год соответственно. Был рассчитан потенциал гидроэнергетических ресурсов для рассмотренной местности и составил – 1 233,16 МВт · час/год.

РАЗДЕЛ 5 РАСЧЕТ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОСТРЕБНОСТЕЙ ПУТЕПРОВОДОВ

При построении системы энергоснабжения первым этапом является определение первичного источника энергии. Принимая за исходные данные расчетные значения валового потенциала источников, есть возможность определить является ли этот потенциал достаточным для обеспечения нужд объекта в электроэнергии. Помимо этого, местность расположения муниципального объекта важна не только с точки зрения ее климатических параметров, но и с точки зрения ее доступности для обслуживающего персонала, который в дальнейшем будет вести ремонт и наладку установленного оборудования. Вторым этапом является расчет и подбор всех необходимых элементов системы с учетом выше перечисленных факторов, а также технических моментов, учет которых дает возможность построить надежную и в тоже время удобную в эксплуатации систему [36].

5.1. Расчет автономной осветительной системы «Центрального» моста

Выбор первичных источников в случае «Центрального» моста обусловлен тем, что значение технического потенциала солнечной энергии в случае с применением выбранных массогабаритных размеров панели является недостаточным для полного обеспечения путепровода. В этом случае есть возможность использовать ветровой ресурс, потенциал которого имеет достаточно высокое значение. Комбинирование альтернативных источников энергии дает возможность построения надежной гибридной автономной системы электроснабжения.

Применение гидро- потенциала в данном случае ограничено тем, что данный мост имеет достаточную высоту над уровнем реки, что предполагает

судоходство. Исходя из этого, расположение нескольких подводных турбин, могут значительно препятствовать судоходству в данном районе.

Выбор ФЭМ для гибридной системы электроснабжения исходил из ранее принятых массогабаритных параметров. Технические характеристики выбранной солнечной панели приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Основные параметры фотогальванических панелей типа TSM- 270PD05.08(компания Trina Solar)

№ п/п	Наименование показателя	TSM- 270PD05.08
1	Максимальная мощность, P_m , Вт	270
2	Ток короткого замыкания, I_k , А	9,18
3	Напряжение холостого хода, U_{xx} , В	38,4
4	Напряжение в режиме максимальной мощности, $U_{мп}$, В	30,9
5	Ток в режиме максимальной мощности, $I_{мп}$, А	8,73
6	Габариты (ДхШхТ), мм	1650x992x35
7	Масса, кг	18,6
8	Относительное значение эффективности, %	16,5

Из приведенных ранее расчетов минимальная годовая выработка электрической энергии одной панелью – 94,9 кВт· час. При этом требуемое количество электроэнергии для одного светильника – 518, 3 кВт· час. Тогда, выработанная энергия с помощью ветрогенератора должна составлять не менее $W_{г.г} = 423,4$ кВт· час. Тогда суточная генерация ветрогенератора должна составлять:

$$W_{г.с} = \frac{W_{г.г}}{365} = 1,16 \text{ кВт} \cdot \text{ час.}$$

Принимаем, что ветрогенератор работает в режиме номинальной мощности $t_{ном} = 2$ часа. Определяем мощность ветрогенератора:

$$P_{\text{вГ}} = \frac{W_{\text{г.с}}}{t_{\text{НОМ}}} = \frac{1,16}{2} = 386,7 \text{ Вт.}$$

Принимаем $P_{\text{вГ}} = 600$ Вт исходя из существующего ряда мощностей ветрогенераторов. Технические характеристики приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Основные параметры ветрогенератора типа Т06 (компания EuroWind)

№ п/п	Наименование показателя	Т06
1	Максимальная мощность, $P_{\text{м}}$, Вт	800
2	Номинальная мощность, $P_{\text{н}}$, Вт	600
3	Номинальное напряжение, $U_{\text{н}}$, В	24
4	Стартовая скорость, м/с	3
5	Номинальная скорость, м/с	9
6	Рабочий диапазон, м/с	3-30
7	Тип генератора	Синхронный PMG
8	Диаметр ротора, $D_{\text{р}}$, м	2,6
9	Длина лопасти, $L_{\text{л}}$, м	1,2
10	Площадь ротора, $S_{\text{р}}$, м ²	5,3
11	Масса	38 кг
12	Степень защиты	IP54

Зная данные ветрогенератора выполним уточняющий пересчет технического потенциала, с учетом приведенных данных:

$$W_{\text{ТВГ}} = W_{\text{вц}} \cdot C_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{Г}} \cdot \eta_{\text{р}} \cdot \frac{S_{\text{р}}}{S_{\text{мц}}} = 6\,314\,500,1 \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot \frac{445,2}{31038}$$

$$= 326,064 \text{ МВт} \cdot \text{час.}$$

Так как выбор ветрогенератора рассчитывался, основываясь на минимальном значении инсоляции в сутки, необходимо предусмотреть систему накопителей, которая будет сохранять избыточную энергию системы.

Расчет АКБ выполняется исходя из потребляемой суточной энергии одним уличным светильником, установленным на «Центральном» мосту:

$$W_{1c} = P_{н.л} \cdot T_p = 142 \cdot 10 = 1420 \text{ Вт} \cdot \text{час.}$$

Определяем требуемое количество А·ч в сутки для этого принимаем количество дней без солнца $N_{бс} = 2$:

$$q_N = \frac{W_{1c} \cdot N_{бс}}{U_{и}} = \frac{1420 \cdot 2}{24} = 118,33 \text{ А} \cdot \text{ч};$$

где W_{1c} – количество энергии потребляемой одним светильником путепровода в сутки.

Рассчитываем емкость АКБ с учетом глубины разряда $\gamma = 0.8$:

$$q_{\gamma} = \frac{q_N}{\gamma} = \frac{118,33}{0.8} = 148 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Окончательное значение требуемой емкости АКБ с учетом температурного коэффициента $K_T = 1.2$:

$$q_{\text{АКБ2}} = q_{\gamma} \cdot K_T = 148 \cdot 1.19 = 177,6 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

Полученное значение расчетной емкости округляем до ближайшей номинальной емкости $q_{\text{АКБ Н.}} = 180 \text{ А} \cdot \text{ч}$

Были выбраны гелиевые аккумуляторы Logic Power LP MG 12-180 ah, которые нашли достаточно широкое применение в альтернативной энергетике. Они представляют собой источник автономного или резервного питания для различных типов устройств и оборудования. Данный тип аккумулятора серии MG, именуемый как мультигелевый аккумулятор, имеет ряд преимуществ в отличие от традиционных классических аккумуляторов. Благодаря усовершенствованной технологии, данный тип батарей способен выдержать в несколько раз больше количество циклов заряд-разряд, имеет низкий уровень саморазряда на протяжении длительного времени, а также продолжительный срок службы. Кроме того, устройство имеет высокие герметичные свойства и может работать в любом положении без утечки веществ и не дает вредных выделений [37].



Рисунок 5.1 – Вид аккумулятора Logic Power LP MG 12-180 Ah

Для управления зарядом АКБ, на сегодняшний день пользуются контроллерами, которые не позволяют перезаряжать аккумуляторы и управляют

режимом их правильной подзарядки. В случае с гибридными автономными системами электроснабжения применяют гибридные контроллеры.

Был выбран MPPT контроллер 12/24, принцип которого построен на определении точки максимальной мощности. Параметры напряжения пользователь может устанавливать сам при настройке. В контроллере, кроме ручной установки напряжения, имеется функция автоматического распознавания 12В/24В. Для напряжения 12В резервируется мощность от 100 ватт до 300 ватт и для 24В – от 200 ватт до 600 ватт. Это означает, что для ветрогенератора контроллер в состоянии задействовать канал на мощность от 100 Ватт до 600 Ватт [38].



Рисунок 5.2 – Контроллер гибридный MPPT

Контроллер работает под управлением микропроцессора, реализует функции защиты от перенапряжения, от короткого замыкания, от неправильного подключения клемм. Реализованы также функции защиты от перегрузки и перезаряда аккумуляторов, датчик освещения автоматически с наступлением темноты включает наружное освещение и отключает его при наступлении рассвета.

Помимо основного оборудования был выбран кулачковый переключатель 4G10 производства фирмы АРАТОР для удобства эксплуатации. Кулачковые переключатели серии 4G являются переключателями низкого напряжения. Переключатели серии 4G характеризуются небольшими габаритными размерами, высокой коммутационной способностью, высокой механической износостойкостью, устойчивостью к кратковременным перегрузкам, а при дополнительной защите предохранителями, обладают устойчивостью к воздействию токов короткого замыкания. Схема коммутации данного аппарата представлена на рис. 5.3.

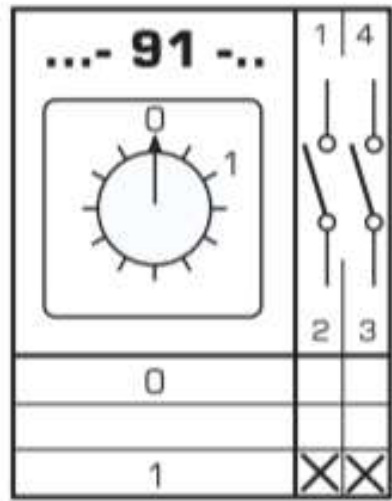


Рисунок 5.3 – Схема коммутации 91 кулачкового переключателя 4G10.

Таким образом, система питания одного осветительного прибора представлена на рис. 5.4.

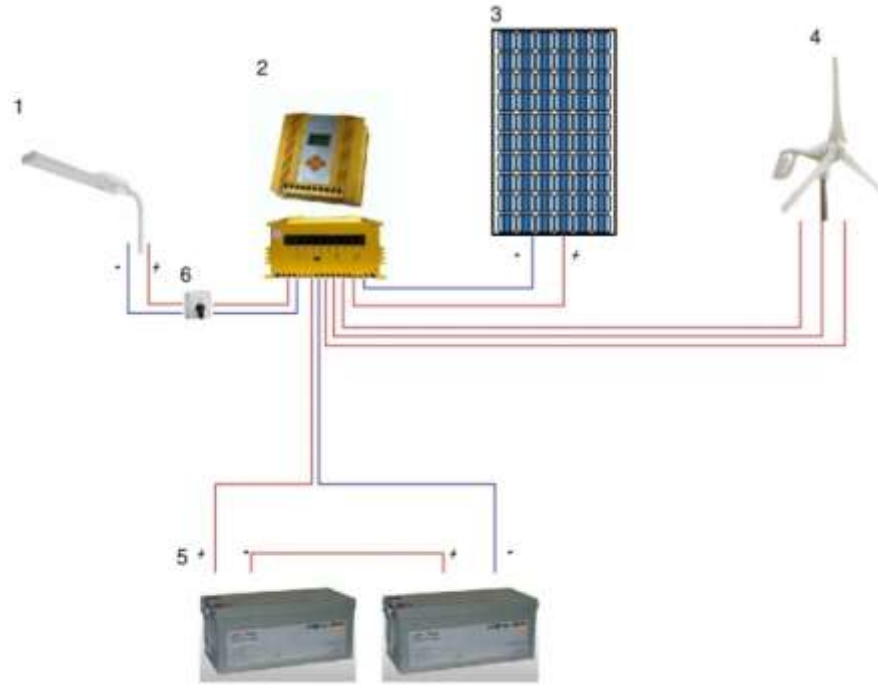
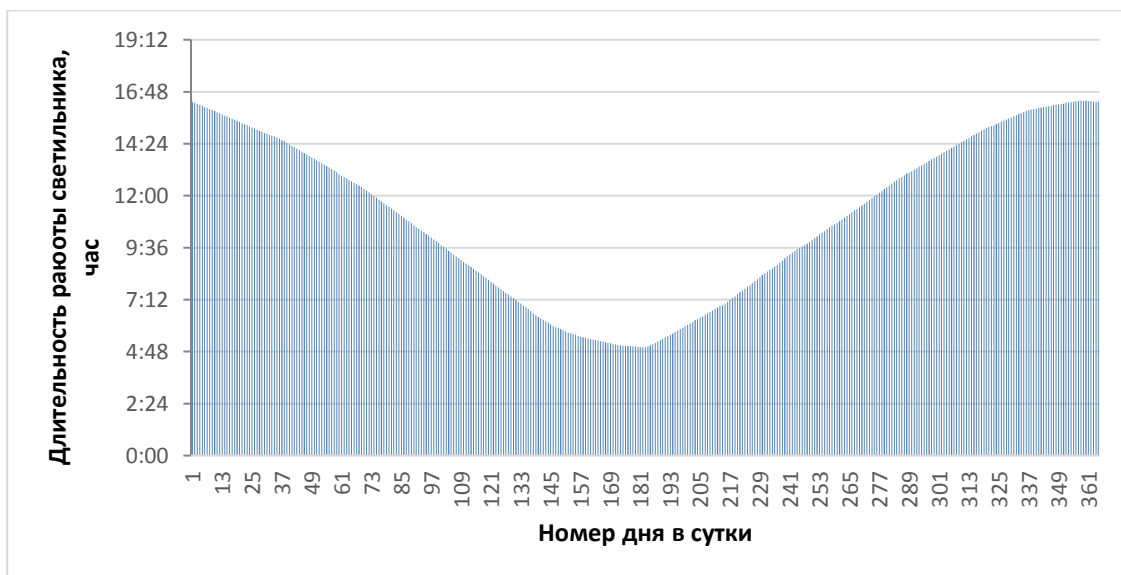


Рисунок 5.4 - Структурная схема автономного питания системы освещения путепровода: 1- уличный светильник; 2 – гибридный контроллер; 3 – поликристаллическая солнечная панель; 4 – ветрогенератор; 5 – мультигелиевые АКБ

Для построения графика генерации и потребления системы определяем время включения и выключения уличного светильника в течение года (рис. 5.5).



Рисунок

5.5 – График включения и выключения светильников для освещения дороги.

По виду графика можно сделать вывод, что работа светильника в зимний период в течении суток около 16 часов. Длительность работы светильника в летнее время в течении суток составляет около 5 часов.

На основе выбранного оборудования, с учетом времени работы светильника был построен график потребления и генерации электроэнергии разработанной системы (рис. 5.6).

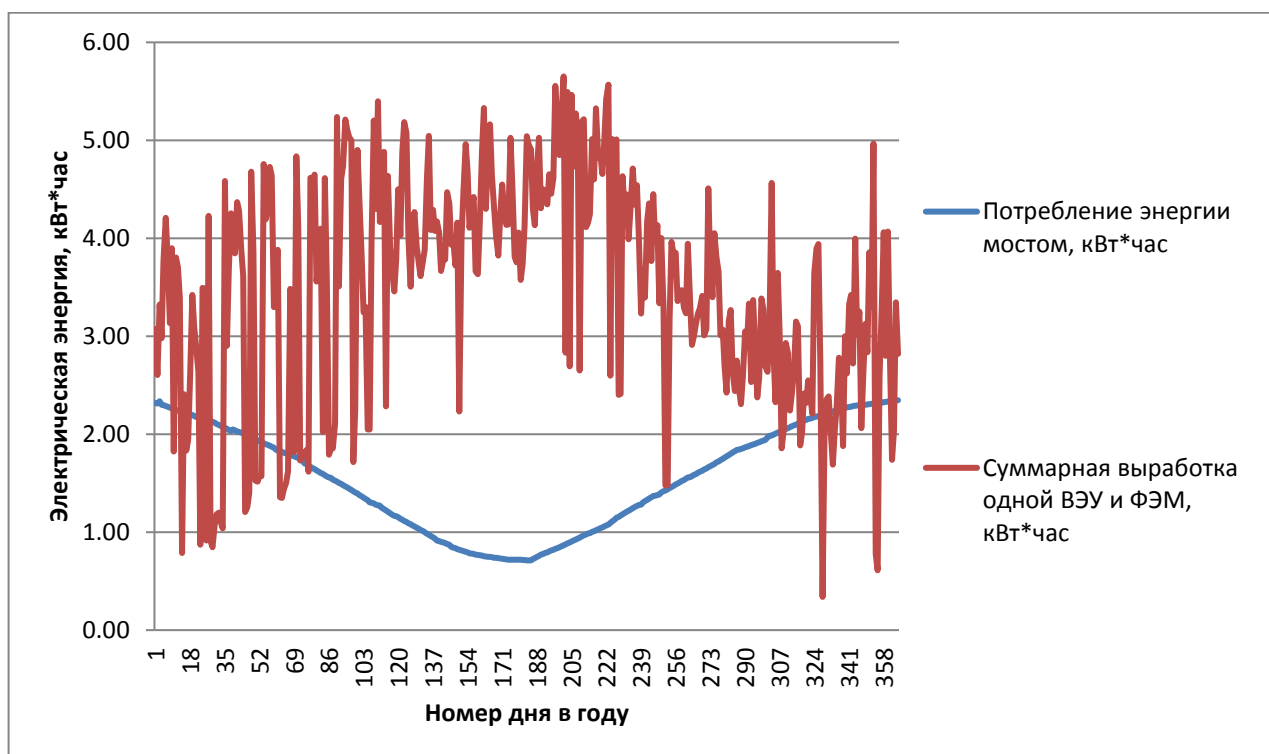


Рисунок 5.6 – График генерации и потребления гибридной автономной системы освещения

Из графика видно, что применение данной конфигурации системы дает возможность полностью обеспечить надежное освещение путепровода, как в зимний, так и в летний периоды, однако летний период характеризуется достаточно большим избытком генерации.

Для наглядности рассчитанной системы была построена 3D модель моста, которая представлена на рис. 5.7.



Рисунок 5.7 - Модель системы электроснабжения «Центрального» моста за счет автономной системы «солнце – ветер»

5.2. Расчет автономной осветительной системы Пешеходного моста

Питание системы освещения Пешеходного моста так же может осуществляться путем применения ветрогенераторов и/или солнечных батарей, однако в данном случае необходимо учитывать, что такие системы требуют периодического обслуживания. Этот нюанс затруднителен относительно Пешеходного моста, так как потребует дополнительных затрат. Учитывая этот фактор, более рациональным является вариант применение гидрогенератора, то есть получение электроэнергии с помощью свободнопроточной микро-ГЭС.

Выбор типа ГЭС осуществлен путем сравнения основных преимуществ и недостатков, существующих на сегодняшний день свободнопроточных ГЭС. В

этом случае недостатки гирляндной ГЭС очевидны: большая материалоемкость, опасность для окружающих (длинный подводный трос, скрытые в воде роторы, перегораживание реки), низкий КПД. Гирляндная ГЭС – это небольшая плотина. Ротор Дарье сложен в изготовлении, в начале работы его нужно раскрутить. Но он привлекателен тем, что ось ротора расположена вертикально и отбор мощности можно производить над водой, без дополнительных передач. Такой ротор будет вращаться при любом изменении направления потока. Таким образом, с точки зрения простоты изготовления и получения максимального КПД с минимальными затратами, необходимо выбрать конструкцию типа водяное колесо или пропеллер [39].

Определяем мощность генератора исходя из необходимой мощности освещения $P_{\Pi} = 200$ Вт:

$$P_{\text{ГЭС}} = \frac{P_{\Pi}}{\eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{Г}}} = \frac{200}{0,85 \cdot 0,9} = 261 \text{ Вт.}$$

Из анализа существующих систем (генератор, выпрямитель и инвертор) примем значения КПД, следующие:

$\eta_{\text{Г}} = 0,9$ – коэффициент полезного действия микро – ГЭС ;

$\eta_{\text{в}} = 0,85$ – коэффициент полезного действия выпрямителя;

Находим расход воды через турбину, принимаем напор $H = 0,07$ м. Предварительно принимается ориентировочное значение КПД турбины, например, $\eta_{\text{ГТ}} = 0,87$ [40]:

$$Q_{\text{ГТ}} = \frac{P_{\text{Г}}}{\rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_{\text{ГТ}}} = \frac{261}{1000 \cdot 9,8 \cdot 0,1 \cdot 0,87} = 0,3 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Исходя из рассчитанного расхода жидкости, рассчитываем диаметр турбины по формуле:

$$D_T = \sqrt{\frac{Q_{ГТ} \cdot 4}{\pi \cdot \nu^3}} = \sqrt{\frac{0,3 \cdot 4}{3,14 \cdot 1,2^3}} = 0,48 \text{ м.}$$

Для обеспечения потребностей моста, выбрана пропеллерная свободнопоточная микро-ГЭС погружного типа мощностью $P_T = 300$ Вт диаметром $D_T = 0,5$ м.

Накопление электроэнергии в резерв будет осуществляться за счет АКБ, емкость аккумуляторов определяется исходя из потребности в электроэнергии, рассчитанной на двое суток. Потребность в электроэнергии Пешеходного моста определяется как:

$$W_{акб} = 2 \cdot W_{сут1} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ кВт} \cdot \text{час.}$$

Таким образом, емкость АКБ рассчитывается по формуле:

$$q_{расч} = \frac{W_{нед}}{U_T} = \frac{4000}{12} = 333 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Рассчитываем емкость аккумуляторов с учетом глубины заряда, а также температурного коэффициента:

$$q_{акб.п} = \frac{q_{расч} \cdot K_T}{\gamma} = \frac{333 \cdot 1,2}{0,8} = 500 \text{ А} \cdot \text{ч.}$$

Были выбраны гелиевые аккумуляторы Logic Power LP MG 12-180 Ah. Количество выбранных АКБ – 3 шт., соединенных параллельно для получения необходимой емкости.

Для данной схемы мы выбрали выпрямитель типа ТВН-3-LC-230-40 (табл. 5.3).

Таблица 5.3.- Технические характеристики выпрямитель типа ТВН-3-LC-230-40

Параметр	Значение
Количество фаз	3
Номинальное напряжение сети, В	198-242, 342/418
Частота сети	50 Гц
Номинальный ток нагрузки	40, 80, 125, 160, 200 А
Сглаживающий фильтр	Индуктивно-емкостной
Питание системы управления	220 В 50 Гц
Выходное напряжение	0...230 В, 0...460 В
Метод регулирования	Фазовый
Сигнал управления	0...10 В, 0...20 мА, 4..20 мА, внешний переменный резистор, встроенный переменный резистор, кнопки панели управления
Плавный пуск и выключение	0...25 сек с шагом 0,1 сек
Тип тиристорных модулей	Semikron, Ixys, Протон-Электротекс
Наличие кнопки аварийного отключения	Да
Индикация	Жидкокристаллический индикатор 32-символьный, светодиоды
Дополнительные контакты	Программируемое реле 220 В 5 А. Выходной сигнал: "Работа", "Авария", "Готовность"

Контроль заряда выбранной системы аккумулирования обеспечивается за счет контроллера EPSOLAR VS3024BN (табл. 5.4).

Особенности контроллера [41]:

автоматический выбор рабочего напряжения;

электронный предохранитель (ошибки при подключении оборудования не выведут из строя контроллер);

широотно-импульсная последовательная модуляция тока заряда с температурной компенсацией;

Таблица 5.4 – Технические характеристики контролера

Параметр	Значение
Модель	VS3024BN
Номинальный ток заряда аккумулятора	30А
Системное напряжение	12В/24В автоматическое определение
Максимальное напряжение аккумулятора	64 В
Падение напряжения при зарядке	0.26В
Падение напряжения при разряде	0.15В
Собственное потребление	≤18mA
Напряжение повторного подключения нагрузки	12.6 В; x2/24В
Рабочая температура ЖКИ	-20 ° С ~ +70 ° С
Рабочая температура	-25 ° С ~ +55 ° С
Габариты	205x129x67мм
Вес	1,3кг

4 режима заряда: быстрый (форсированный), насыщающий, выравнивающий, поддерживающий;

возможность выбора емкости и типа аккумуляторов;

автоматическое подключение нагрузки при заряде АБ, ручной выключатель нагрузки;

автоматическое распознавание день/ночь;

опции автоматического включения нагрузки — от заката до рассвета, от заката плюс заданное количество часов, ручное управление;

12-битное высокоточное аналого-цифровое преобразование, 32-битный процессор с высокой скоростью и производительностью;

удобный графический ЖК-дисплей;

все параметры устанавливаются с помощью кнопок, отдельно устанавливаются режимы управления нагрузкой.

Выбранное оборудование определяет конфигурацию системы электроснабжения. Структурная схема питания Пешеходного моста приведена на рис. 5.8.

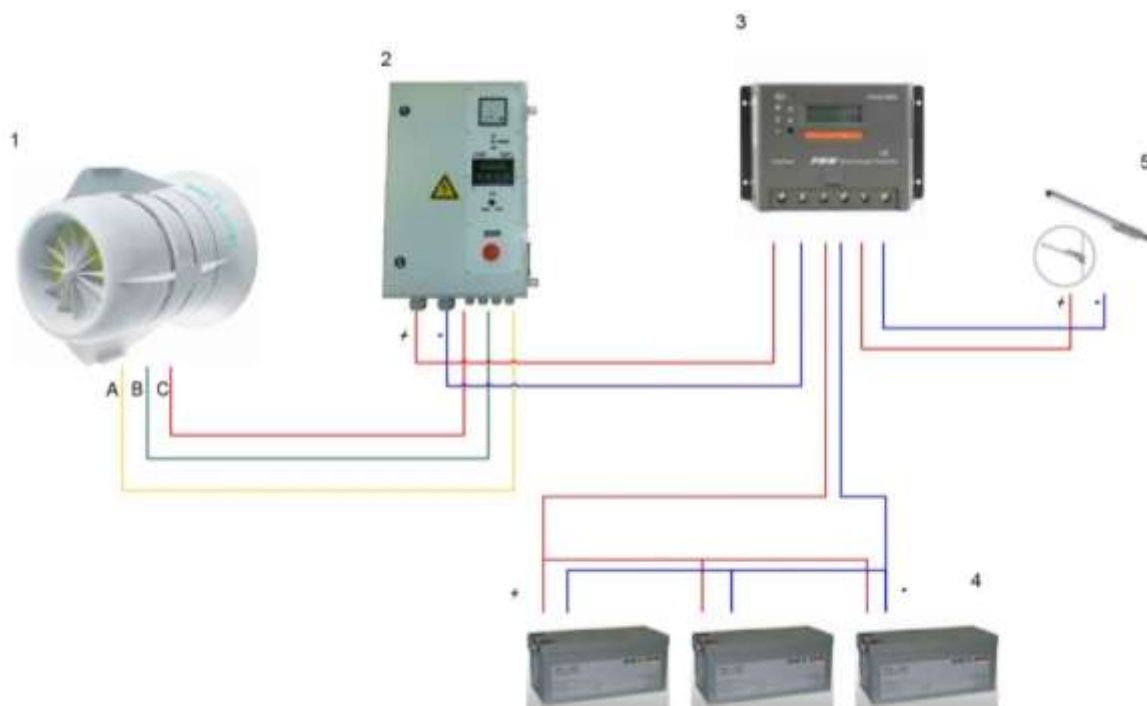


Рисунок 5.8 – Схема электроснабжения системы освещения Пешеходного моста: 1 – свободнопроточная погружная гидротурбина пропеллерного типа (бочкового); 2 – выпрямитель; 3- контроллер заряда АКБ; 4- аккумуляторная батарея; осветительные приборы

Выводы по разделу 5

В данном разделе магистерской диссертации на основании найденных значениях валового и технического потенциалов местности расположения «Центрального» и Пешеходного мостов, были разработаны схемы электроснабжения путепроводов. Были выбраны первичные источники для каждого конкретного случая. Для освещения «Центрального» моста была предложена автономная гибридная ветро-солнечная система электроснабжения,

мощность турбины составила 600Вт, мощность ФЭМ – 270Вт. Питание системы освещения Пешеходного моста было разработано с применением свободнопроточной турбины пропеллерного типа мощностью 300 Вт. При разработке систем автономного питания путепроводов были выбраны необходимые параметры и типы основного оборудования.

РАЗДЕЛ 6 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В данной магистерской диссертации исследован потенциал различных видов возобновляемых источников энергии с целью определения их достаточности и последующей возможности использования в электрообеспечении путепроводов через р. Днепр (Центральный и Пешеходный мосты). В результате исследования подтверждена достаточность энергетического потенциала ВИЭ и предложены автономные системы электроснабжения: для Центрального моста – гибридные системы "солнце-ветер", для каждого источник освещения отдельно, с использованием фотомодуля и ветрогенератора (вар. 1), для Пешеходного моста – гидротурбинная система, использующая естественную скорость течения реки Днепр, обеспечивающая систему освещения путепровода в целом (вар. 2).

В данном разделе был выполнен расчет технико-экономических показателей и показателей эффективности для каждого из вариантов с целью обоснования экономической целесообразности их применения.

6.1. Расчет капитальных инвестиций

Капитальные инвестиции для реализации проектного технического решения включают:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{дм}} + Z_{\text{пр}},$$

где $K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right)$ – затраты на приобретение оборудования, техники, технологии, технических средств контроля и учета, устройств диагностики

состояния оборудования, суммарная стоимость комплектующих i -го вида, необходимых для реализации принятого технического решения, грн.;

$Z_{мзр}$ – транспортно-заготовительные расходы, $Z_{мзр} = 0,05 \cdot K_{об}$, грн.;

Z_m – затраты на монтажно-наладочные работы, $Z_m = 0,07 \cdot K_{об}$, грн.;

$Z_{дем}$ – затраты на демонтаж устаревшего оборудования, грн.;

$Z_{пр}$ – прочие затраты, $Z_{пр} = 0,3 \cdot Z_m$, грн.

Стоимость оборудования и комплектующих взята на основании прайс-листа оптовых цен на электрооборудование предприятия «Сакура» (юр. адрес: ул. Запорожское шоссе, 1ж, пос.Братское, г.Днепр. Тел.: +38(050)3200651. Интернет адрес: <http://sun.sacura.dp.ua> по состоянию на 15.12.2017 г. Затраты на приобретение, монтаж и наладку оборудования приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1 – Сведение капитальных инвестиций, грн.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, шт., пог.м	Цена, грн.	Стоимость, грн.	Монтаж, наладка (10%)	Транспорт расх. (5%)	Прочие расх. (30% МНР)	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант 1 Центральный мост (гибридная система "солнце-ветер")								
1	Уличный светильник ITW SYSTEMS тип TWIN	84	1258	105672	7397	5284	2219	120572
2	Фотоэлектромодуль Trina Solar тип TSM-270PD05.08	84	3520	295680	20698	14784	6209	337371
3	Ветрогенератор Winder тип T06	84	17254	1449336	101454	72467	30436	1653692
4	Гибридный контроллер заряда аккумулятора тип MPPT 24	84	3650	306600	21462	15330	6439	349831
5	Аккумуляторная батарея тип LogicPower LP MG 12-180 ah	168	5080	853440	59741	42672	17922	973775
6	Кулачковый переключатель АРАТОР тип 4G10	84	306	25704	1799	1285	540	29328

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Кабель тип ВВГ 2х2,5	2200	16	33836	2369	1692	711	38607
Итого:				3070268	214919	153513	64476	3503176
Вариант 2 Пешеходный мост (гидротурбина)								
1	Уличный светильник ITW SYSTEMS тип PARK	20	905	18100	1267	905	380	20652
2	Гидротурбина пропеллерная	1	17618	17618	1233	881	370	20102
3	Выпрямитель тип ТВН-3-LC-230-40	1	1376	1376	96	69	29	1570
4	Контроллер EPSOLAR VS6024BN	1	2386	2386	167	119	50	2722
5	Аккумуляторная батарея LogicPower LP MG 12-180ah	3	5260	15780	1105	789	331	18005
6	Кабель тип ВВГ 2х2,5	1400	16	22932	1605	1147	482	26165
Итого:				78192	5473	3910	1642	89 217

Таким образом, капитальные инвестиции, необходимые для установки автономных гибридных систем "солнце-ветер" (вар. 1) составят:

$$K_{np1} = K_{об}(\sum_{i=1}^K C_i) + Z_{тзс} + Z_m + Z_{np} =$$

$$= 3310844 + 231759 + 165542 + 69528 = 3777673 \text{ грн.}$$

Для второго варианта расчет капитальных затрат выполняется аналогично:

$$K_{np2} = K_{об}(\sum_{i=1}^K C_i) + Z_{тзс} + Z_m + Z_{np} = 79192 + 5543 + 3960 + 1663 = 90358$$

грн.

6.2. Расчет эксплуатационных расходов

К основным статьям эксплуатационных расходов по проекту относятся:

Амортизационные отчисления (C_a).

Зарботная плата обслуживающего персонала ($C_з$).

Единый социальный взнос (C_c).

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования и сетей (C_{np}).

Стоимость затрат электроэнергии ($C_э$).

Прочие затраты (C_{np}).

Таким образом годовые эксплуатационные затраты по объекту проектирования составляют:

$$C = C_a + C_з + C_c + C_{np} + C_э + C_э$$

6.2.1 Расчет амортизационных отчислений

Амортизация объекта основных средств начисляется исходя из срока его использования. Срок полезного использования объектов основных средств, для начисления амортизации берется не менее минимально допустимого срока, который указан в нормативных документах для каждой из групп основных фондов. Так как разработанные системы электроснабжения для каждого варианта представляют собой обособленные комплексы конструктивно соединенных предметов одинакового или различного назначения, и требуют для их обслуживания общие приспособления, принадлежности, управление и единый фундамент, вследствие чего каждый предмет может выполнять свои функции, а комплекс – определенную работу только в составе комплекса, а не самостоятельно, то их можно отнести к 9 группе ОПФ, минимальный срок полезного использования для которой равен 12 годам. Основываясь на этом, срок полезного использования был принят 15 лет.

Налоговым кодексом Украины [42] разрешено использовать прямолинейный метод амортизации, при котором годовая сумма амортизации рассчитывается как отношение амортизируемой стоимости к сроку полезного использования объекта основных фондов.

Так как не представляется возможным определить ликвидационную стоимость используемого оборудования, принимаем $\Phi_{л} = 0$. Тогда формула расчета амортизации примет вид:

$$AO = \frac{\Phi_{п}}{T_{п}}$$

Для первого варианта:

$$AO = \frac{3503176}{15} = 233545 \text{ грн.}$$

Для второго варианта:

$$AO = \frac{89217}{15} = 5948 \text{ грн.}$$

6.2.2 Расчет годового фонда заработной платы

Расчет заработной платы не выполняется, так как для Центрального моста профилактические и другие виды работ для поддержания всех систем энергообеспечения проводятся не менее одного раза в 12 месяцев электроремонтными бригадами.

6.2.3 Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования.

Годовые затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт рассчитываются укрупненно в размере 0,5% от капитальных затрат для первого и второго варианта соответственно:

$$C_{p1} = K_{п1} \cdot 0.005 = 3503176 \cdot 0.005 = 17516 \text{ грн};$$

$$C_{p2} = K_{п2} \cdot 0.005 = 89217 \cdot 0.005 = 446 \text{ грн.}$$

Таким образом годовые эксплуатационные затраты по объектам проектирования составят соответственно:

$$C_1 = C_a + C_p = 233545 + 17516 = 252488 \text{ грн};$$

$$C_2 = C_a + C_p = 5948 + 446 = 6544 \text{ грн.}$$

6.3 Экологический эффект использования ВИЭ

Экологический эффект в виде сокращения выбросов парниковых газов при использовании возобновляемых источников энергии определяется вследствие:

1. Повышения энергоэффективности объекта и уменьшения затрат энергии.
2. Замещения ископаемых видов топлива источниками возобновляемой и альтернативной энергии.

Расчет выполняется на основании известной величины расходов энергии (показатель энергетической деятельности) и коэффициента выбросов (КВ). КВ определяет массовое количество CO_2 , которое образуется на единицу показателя энергетической деятельности. Коэффициент выбросов измеряется в $\text{т CO}_2/\text{МВт}\cdot\text{час}$.

При выполнении расчетов по определению базового кадастра выбросов парниковых газов (БКВ) электрической энергии в секторе снабжения электроэнергией, используют такие зависимости:

$$\text{БКВ} = \text{НКВЭ}_i \cdot \text{ВЕЕ}_i \cdot \text{СВ}, \text{ грн. т CO}_2/\text{МВт}\cdot\text{час};$$

где ВЕЕ – результаты потребления электроэнергии муниципальными объектами;

НКВЭ – национальный коэффициент выбросов энергии, по данным НКРЭ в 2017 г. НКВЕ=0,39;

СВ – стоимость выбросов, СВ = 30 €/т = 1049 грн./т при курсе 1 € = 34,98 грн.

Таким образом, для первого варианта

$$\text{БКВ} = \text{НКВЭ}_i \cdot \text{ВЕЕ}_i = 0,39 \cdot 3,46 \cdot 1049 = 1427 \text{ грн. т CO}_2/\text{МВт}\cdot\text{час.}$$

Для второго варианта

$$\text{БКВ} = \text{НКВЭ}_i \cdot \text{ВЕЕ}_i = 0,39 \cdot 0,37 \cdot 1049 = 151 \text{ грн. т CO}_2/\text{МВт}\cdot\text{час.}$$

Таблица 6.2 – Сравнительная таблица базового кадастра выбросов парниковых газов при внедрении системы электроснабжения путепровода "Центральный" мост (вар. 1) с использованием гибридной системы "*солнце-ветер*" и Пешеходного моста (вар.2) с использованием свободнопроточной микро-ГЭС пропеллерного типа

	НКВЭ, т CO ₂ /МВт*ч	СВ 1 т CO ₂		Потребление э/э в базовом варианте, Wэ, МВт*час/год	К-во угля для производства 1 МВт*ч, т	Ст-ть угля, грн./т	БКВ, грн.	Сумма снижения затрат, грн.	Итого, грн.
		евро/т	грн./т**						
вар 1	0,39*	30	1049	3,46	0,14	1720	1427	833	2260
вар 2	0,39*	30	1049	0,37	0,14	1720	151	88	238

* – см. Посібник. Базовий кадастр викидів (ч.2)

6.4. Расчет экономической эффективности

Используя вышеприведенную методику расчета эксплуатационных затрат, был выполнен аналогичный расчет для традиционной системы электроснабжения путепроводов через р. Днепр от общей энергосистемы.

Результаты расчетов капитальных затрат и эксплуатационных расходов для всех вариантов сведены в табл. 6.3, 6.4.

Таблица 6.3 – Сравнительная таблица затрат на внедрение системы электроснабжения путепровода "Центральный" мост с использованием гибридной системы "*солнце-ветер*" (вариант 1)

Вид затрат	система электроснабжения "солнце-ветер"	традиционная система электроснабжения	Абсолютное отклонение, ±
Капитальные затраты, грн.	3503176		3503176
Эксплуатационные расходы, грн.	2253321	205339	47982
в том числе			
амортизационные отчисления	233545	143053	90492
отчисления на заработную плату	0	48234	-48234
единый социальный взнос	0	9647	-9647
затраты на электроэнергию	0	4336	-4336
затраты на ТО и текущий ремонт	17516	7400	10116
прочие затраты	0	2315	-2315
Экономия, грн.	233597		233597
в том числе			
- экологический эффект	2260		2260
- стоимость электроэнергии	230503		230503
Всего:			220173

Для определения экономической целесообразности предлагаемых систем электроснабжения путепроводов необходимо рассчитать и сравнить с нормативными значениями такие показатели, как период окупаемости и коэффициент эффективности проекта.

Таблица 6.4 – Сравнительная таблица затрат на внедрение системы электроснабжения путепровода Пешеходный мост с использованием свободнопроточной турбины пропеллерного типа (вариант 2)

Вид затрат	система турбины пропеллерного типа	традиционная система электроснабжения	Абсолютное отклонение, ±
Капитальные затраты, грн.	89217		89217
Эксплуатационные расходы, грн.	6632	15736	-9104
в том числе			
амортизационные отчисления	5948	8697	-2749
отчисления на заработную плату	0	5531	-5531
единый социальный взнос	0	1106	-1106
затраты на электроэнергию	0	788	-788
затраты на ТО и текущий ремонт	446	454	-8
прочие затраты	0	265,5	-265,5
Экономия, грн.	1815		1815
в том числе			
- экологический эффект	238		238
- стоимость электроэнергии	1577		1577
Всего:			10919

Для определения расчетного значения периода окупаемости используется формула:

$$T_{ок} = \frac{K_{п}}{\mathcal{E}_{общ}}, \quad \text{лет}$$

Коэффициент эффективности находится по формуле

$$E_{ок} = \frac{\mathcal{E}_{общ}}{K_{п}}$$

Вариант признается экономически целесообразным, если расчетный коэффициент эффективности превышает величину банковской кредитной ставки:

$$E_p > (N_{кр} + N_{инф})/100 ,$$

где $N_{кр}$ – банковская кредитная ставка, $N_{кр} = 22\%$;

$N_{инф}$ – годовой уровень инфляции, $N_{инф} = 11\%$.

Данные расчетов сведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5 – Значения показателей эффективности по вариантам

	E_n	E_p	Ток н	Ток р
Вариант 1	0,09	0,06	11,19	15,91
Вариант 2	0,09	0,12	11,19	8,17

Выводы по разделу 6

В данном разделе был выполнен расчет технико-экономических показателей для двух вариантов систем электроснабжения "Центрального" и Пешеходного мостов, который показал, что экономически целесообразным является вариант использования свободнопроточной микро-ГЭС пропеллерного типа. Окупаемость такой системы составит 8 лет, что меньше нормативного значения равного 11 годам. Соответственно, расчетный коэффициент эффективности – 0,12 превышает нормативный коэффициент – 0,09 и подтверждает эффективность данного проекта.

Основываясь на расчетных значениях показателей эффективности автономной системы электроснабжения "Центрального" моста видно, что срок окупаемости гибридной системы больше нормативного почти в 1,5 раза и составляет около 16 лет, однако, полученное значение рассчитано без учета тенденции стабильного роста тарифов на электроэнергию и может считаться приемлемым для муниципального объекта. При этом, стоит отметить, что внедрение данных проектов имеет и экологический эффект, а также дает возможность перейти на альтернативные источники энергии, что в свою очередь ведет к достижению полной энергетической независимости.

ВЫВОДЫ ПО МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

В результате выполнения исследований в работе были получены следующие результаты:

Анализ литературных источников показал благоприятное расположение территории Украины с точки зрения использования возобновляемых ресурсов в целях электроснабжения, а также высокий технический уровень применяемых сегодня преобразователей энергии от возобновляемых источников.

Исходя из карт распределения солнечного потенциала, и данных о скоростях ветра по областям Украины, Днепропетровская область является пригодной в целях дальнейшего выбора конкретной локации расположения объектов с использованием ВИЭ.

Общие данные по водным режимам реки Днепр в Днепропетровской области так же дают возможность утверждать о их достаточности для применения потенциала реки в энергетических целях.

Путем непосредственной практической оценки параметров мостов были приняты исходные данные для дальнейших расчетов. Была рассчитана единичная мощность светильника для «Центрального» моста, которая составила – 142 Вт. И рассчитано усредненное годовое потребление всей системы освещения для данного объекта – 43,8 МВт · час. Определена единичная мощность светильников для Пешеходного моста и усредненная годовая потребность в электроэнергии – 10 Вт и 730 кВт · час соответственно.

Выполнена проверка рассчитанной мощности исходя из нормированных значений светотехнических параметров для каждого из видов путепроводов с применением программного аппарата Light-in-Night Road. Расчетные параметры систем освещения удовлетворяют нормативным требованиям.

На основании статистических данных о солнечной инсоляции и скорости ветра на высоте флюгера за период 2000...2017 гг. из базы данных ведомства NASA были рассчитаны потенциалы энергии солнца и ветра для объекта «Центральный» мост. По результатам расчета валовый и технический потенциал

солнечной энергии составил – 41760,39 МВт·час и 41400,00 кВт·час соответственно. Расчет технического потенциала был выполнен с учетом угла наклона ФЭМ и его массогабаритных параметров, а также с учетом температурного коэффициента панели. Значения ветрового потенциала – 6 314 500,10 МВт·час и 108 248,57 МВт·час соответственно.

Был выполнен расчет гидроэнергетического потенциала в месте расположения «Центрального» моста, который составил 42 074,1 МВт·час. Была определена проблема недостаточности статистических данных о водном режиме реки Днепр в центральной области города Днепр.

Были определены потенциалы возобновляемых источников энергии для местности расположения Пешеходного моста. Анализ статистических данных показал полное соответствие значений солнечной инсоляции за период 2000...2017 для данного объекта с значениями, найденными для местности расположения Центрального моста.

Был выполнен расчет по определению ветрового валового и технического потенциалов для данного объекта, которые составили 6216,92 МВт·час/год и 233,14 МВт·час/год соответственно. Был рассчитан потенциал гидроэнергетических ресурсов для рассмотренной местности, и он составил – 29596,22 МВт·час/год.

На основании найденных значениях валового и технического потенциалов местности расположения «Центрального» и Пешеходного мостов, были разработаны схемы электроснабжения путепроводов. Были выбраны первичные источники для каждого конкретного случая. Для освещения «Центрального» моста была предложена автономная гибридная ветро-солнечная система электроснабжения, мощность турбины составила 600Вт, мощность ФЭМ – 270 Вт. Питание системы освещения Пешеходного моста было разработано с применением свободнопроточной турбины пропеллерного типа мощностью 300 Вт. При разработке систем автономного питания путепроводов были выбраны необходимые параметры и типы основного оборудования.

Также был выполнен расчет технико-экономических показателей для двух вариантов систем электроснабжения "Центрального" и Пешеходного мостов, который показал, что экономически целесообразным является вариант использования свободно проточной микро-ГЭС пропеллерного типа. Окупаемость такой системы составит 8 лет, что меньше нормативного значения равного 11 годам. Соответственно, расчетный коэффициент эффективности – 0,12 превышает нормативный коэффициент – 0,09 и подтверждает эффективность данного проекта.

Основываясь на расчетных значениях показателей эффективности автономной системы электроснабжения "Центрального" моста видно, что срок окупаемости гибридной системы больше нормативного почти в 1,5 раза и составляет около 16 лет, однако, полученное значение рассчитано без учета тенденции стабильного роста тарифов на электроэнергию и может считаться приемлемым для муниципального объекта. При этом, стоит отметить, что внедрение данных проектов имеет и экологический эффект, а также дает возможность перейти на альтернативные источники энергии, что в свою очередь ведет к достижению полной энергетической независимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костецкий В. В. Перспективи інвестицій- но-інноваційного розвитку житлово-комунального господарства України / В. В. Костецкий // Вісник соціально-економічних досліджень, 2014 рік, ви- пуск 2 (53) – С. 82–91.
2. Калетнік Г. М. Екологічна енергетика — основа розвитку економіки держави / Г. М. Калетнік, О. В. Климчук // Збалансоване природокорис- тування, № 2–3 – 2013. – С. 14–17.
3. Прокіп А. В. Організаційні та еколого-економічні засади використання відновлюваних енергоресурсів : монографія / А. В. Прокіп, В. С. Дудюк, Р. Б. Колісник; [за заг. ред. А. В. Прокіпа]. – Львів : ЗУКЦ, 2015. – 337 с.
4. Матвійчук Л. Ю. Економічна доцільність використання альтернативних джерел енергії / Л. Ю. Матвійчук, Б. П. Герасимчук // [Електронний ресурс] – Режим доступу : irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/ecfor_2013_4_5.pdf – Заголовок с екрана.
5. Башинська Ю. І. Загальносвітові та регіональні аспекти розвитку потужностей альтернативної енергетики / Ю. І. Башинська // [Електронний ресурс] . – Режим доступу: [http://ird.gov.ua/sep/sep20135\(103\)/sep20135\(103\)_211_BashynskaYuI.pdf](http://ird.gov.ua/sep/sep20135(103)/sep20135(103)_211_BashynskaYuI.pdf). – Заголовок с екрана..
6. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [Електронний ресурс] . – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/555-15> – Заголовок с екрана.
7. Альтернативна енергетика в Україні: монографія / Г. Г. Півняк, Ф. П. Шкрабець; Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2013. – 109 с.
8. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії в Україні у світлі нових європейських ініціатив / А. Шевцов, М. Земляний, Т. Рязова [Електронний ресурс] . – Режим доступу: [http:// old.niss.gov.ua/monitor/november08/2.htm](http://old.niss.gov.ua/monitor/november08/2.htm) – Заголовок с екрана.

9. Л.В. Тимошенко. Еколого-економічне обґрунтування використання відновлювальних джерел енергії на муніципальних об'єктах / Л.В. Тимошенко, Н.В. Дементьєва // Економічний вісник – Д., НГУ, 2016. – №3. – С. 171-180.
10. . Славута Е.И., Звягина В.В. Перспективы и проблемы развития альтернативной энергетика в Украине / Е.И. Славута, В.В. Звягина // Матер.конф. Экономические проблемы и перспективы развития жилищно- коммунального хозяйства на современном этапе. – 2010. – Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://eprints.kname.edu.ua/31240/>.
11. PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM [Электронный ресурс] . – Режим доступа: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#MR – Заголовок с экрана.
12. Потенциал солнечной энергии в Украине [Электронный ресурс] . – Режим доступа: http://esco.co.ua/journal/2005_11/art07_71_2.htm – Заголовок с экрана.
13. Архив погоды в Днепропетровске [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <https://world-weather.ru/archive/ukraine/dnipropetrovsk/> – Заголовок с экрана.
14. Водний фонд України. Штучні водойми. Водосховища і ставки : довідник / [В.В. Гребінь та ін. ; за ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня] ; Проект ЄС "Додаткова підтримка М-ва екології та природ. ресурсів України у впровадженні Секторальної бюджет. підтримки". – Київ : Інтерпрес ЛТД, 2014. – 163, [1] с. : іл., табл., мапи. – Авт. зазнач. в кінці кн. – Бібліогр.: с. 162-163. – ISBN 978-96501-098-2.
15. Википедия. Днепр. [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D0%B5%D0%BF%D1%80> – Заголовок с экрана.
16. Реки Днепропетровской области. Река Днепр в Днепропетровской области [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <http://www.tourdnepr.com/content/view/803/724/> – Заголовок с экрана.
17. Ветрогенератор. Ветрогенераторы и ветряки своими руками. Анализ преимуществ и недостатков вертикальных ветрогенераторов (ветряков, ветроустановок с вертикальной осью вращения) для электростанций малой

- мощности [Электронний ресурс] – Режим доступа: <http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/vertikal/218-analiz-preimuschestv-i-nedostatkov-vertikalnyh-vetrogeneratorov-vetryakov-vetroustanovok-s-vertikalnoy-osyu-vrascheniya-dlya-elektrostantsiy-maloy-moschnosti.html> – Заголовок с экрана.
18. В. Т. Гринченко/ Оптимизация характеристик ветрогенератора Дарье с прямыми управляемыми лопастями.// В. П. Каян // МЕХАНИКА – К. 2015 – С. 7.
19. V. Grebenikov. Wind Power Unit with the New Type Wind Turbine and Electric Generator / V. Kayan , O. Lebid , M. Pryjmak // International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS) – Kyiv, 2015 – Volume – 1, Issue 7. – pp. 407-413.
20. Микро – ГЭС [Электронний ресурс] – Режим доступа: <https://alter220.ru/voda/mikro-ges.html> – Заголовок с экрана.
21. Гидроэлектростанция своими руками: как соорудить автономную мини-ГЭС [Электронний ресурс] – Режим доступа: <http://sovet-ingenera.com/eco-energy/eko-dom/gidroelektrostantsiya-svoimi-rukami.html> – Заголовок с экрана.
22. Гашинский Ю.П. Методика расчёта, обзор конструкций и компоновка микро ГЭС. [Электронний ресурс] – Режим доступа: <http://www.creed.net/wp-content/uploads/2013/06/Gashinsky%20НПП.pdf> – Заголовок с экрана.
23. Монастырский остров: легенды, факты, история [Электронний ресурс] – Режим доступа: https://dp.vgorode.ua/news/dosuh_y_eda/120943-monastyrskiy-ostrov-lehendy-fakty-ystoryia – Заголовок с экрана.
24. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ – [Чинні від 2006-05-05]. – К. : Управлінням архітектурно-конструктивних та інженерних систем будинків і споруд житлово-цивільного призначення Мінбуду України, 2006. – 62 с. – (Державні будівельні норми).
25. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби правила проектування – [Чинні від 2006-05-06]. – К. : Управління автомобільних доріг Державної служби автомобільних доріг України, 2006. – 216 с. – (Державні будівельні норми).

26. ГОСТ 17677-82. СВЕТИЛЬНИКИ Общие технические условия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://profidom.com.ua/v-2/v-2-5/1838-gost-17677-82-svetilniki-obshhije-tehnicheskije-uslovija> – Заголовок с экрана.
27. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://tdprima.ru/genealogiya/raschet-provodov-naruzhnogo-osvesheniya/>
28. Колесник, Г. П. К60 Электрическое освещение : основы проектирования : учеб. пособие / Г. П. Колесник ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. – 127 с. ISBN 5-89368-651-9.
29. ЕН 13201-3:2007. ОСВЕЩЕНИЕ НАРУЖНОЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.journal.esco.co.ua/2012_7/art192.pdf – Заголовок с экрана.
30. Д. Д. ОНДАР / РАСЧЕТ РЕСУРСОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА. Технические науки. Омск, 2015 – №2 (140). – С. 169-172. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/raschet-resursov-solnechnoy-energii-respubliki-tyva.pdf>.
31. Установка солнечных батарей. Варианты конструкций под монтаж солнечных батарей [Электронный ресурс] – Режим доступа:
32. http://utem.org.ua/materials/show/ustanovka_i_orientaciya_solnechnyh_batarey_variandy_konstrukcij – Заголовок с экрана.
33. Макаровский Е. Л. Методика оценки ветрового энергетического потенциала / Е. Л. Макаровский, В. О. Зиныч // Проблемы охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. – 2012. – Вип. 34.
34. В. В. Телегин. Повышение эффективности функционирования систем электроснабжения предприятий ограниченной мощности с использованием альтернативных источников энергии – Л. – 2014. – № 8(2)– С. 312-317
35. Глава X. РАСЧЕТ УРОВНЕЙ У МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА. ПОДПОР ПЕРЕД МОСТОМ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://sinref.ru/000_uchebniki/01600geografia/012_perehod_cherez_vodotok/043.htm – Заголовок с экрана.

36. Л. К. Давыдову. Механизм течения рек. Движение ламинарное и турбулентное [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://abratsev.ru/hydrosphere/mechanizm.html> – Заголовок с экрана.
37. С.П. Кундас / Гибридные технологии в использовании возобновляемых источников энергии / Ю. Шенк, Н.Н. Вайцехович // Альтернативная энергетика – 2012 – №2– С. 19-23.
38. Аккумуляторная батарея LogicPower LP-MG 12 – 180 АН [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.mobilluck.com.ua/katalog/batteries_for_ups/LogicPower/LogicPower-LP-MG_12_-_180_АН-851828.html – Заголовок с экрана.
39. ГИБРИДНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА И СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://solarb.ru/gibridnye-kontrollery-dlya-vetrogeneratora-i-solnechnykh-batarei> – Заголовок с экрана.
40. ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://economic-definition.com/Plants_and_soobruzheniya/Gidroelektrostantsiya_Hydro_power_plant_GES_eto. – Заголовок с экрана.
41. В.М. Иванов / МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ НОВОЙ ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ / Т.Ю. Иванова, Е.П. Жданов, Г.О. Клейн, В.Н. Юренков // ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК – 2009 – №4 – С. 253-258 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2009_04/pdf/253ivanov.pdf
42. Контроллер заряда EpSolar VS3024BN 30А [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://solar-tech.com.ua/uninterruptible-power-systems/battery-charge-controllers/pwm-controllers/kontroller-zaryada-epsolar-vs3024n-3060.html> – Заголовок с экрана.
43. ПОДАТКОВИЙ КОДЕКС УКРАЇНИ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://sfs.gov.ua/nk/> – Заголовок с экрана.

Исходные данные

Параметры дороги

Проезжая часть

Движение		двустороннее
Число полос движения		3
Ширина полосы движения	м	3.00
Число полос движения (встречное направление)		3
Ширина полосы движения (встречное направление)	м	3.00
Ширина разделительной полосы	м	1.00
Высота парапета	м	1.00
Ширина парапета	м	1.00
Полная ширина проезжей части	м	19.00
Покрытие		шероховатое асфальтобетонное по ГОСТ Р 55708-2013

Тротуар (правый)

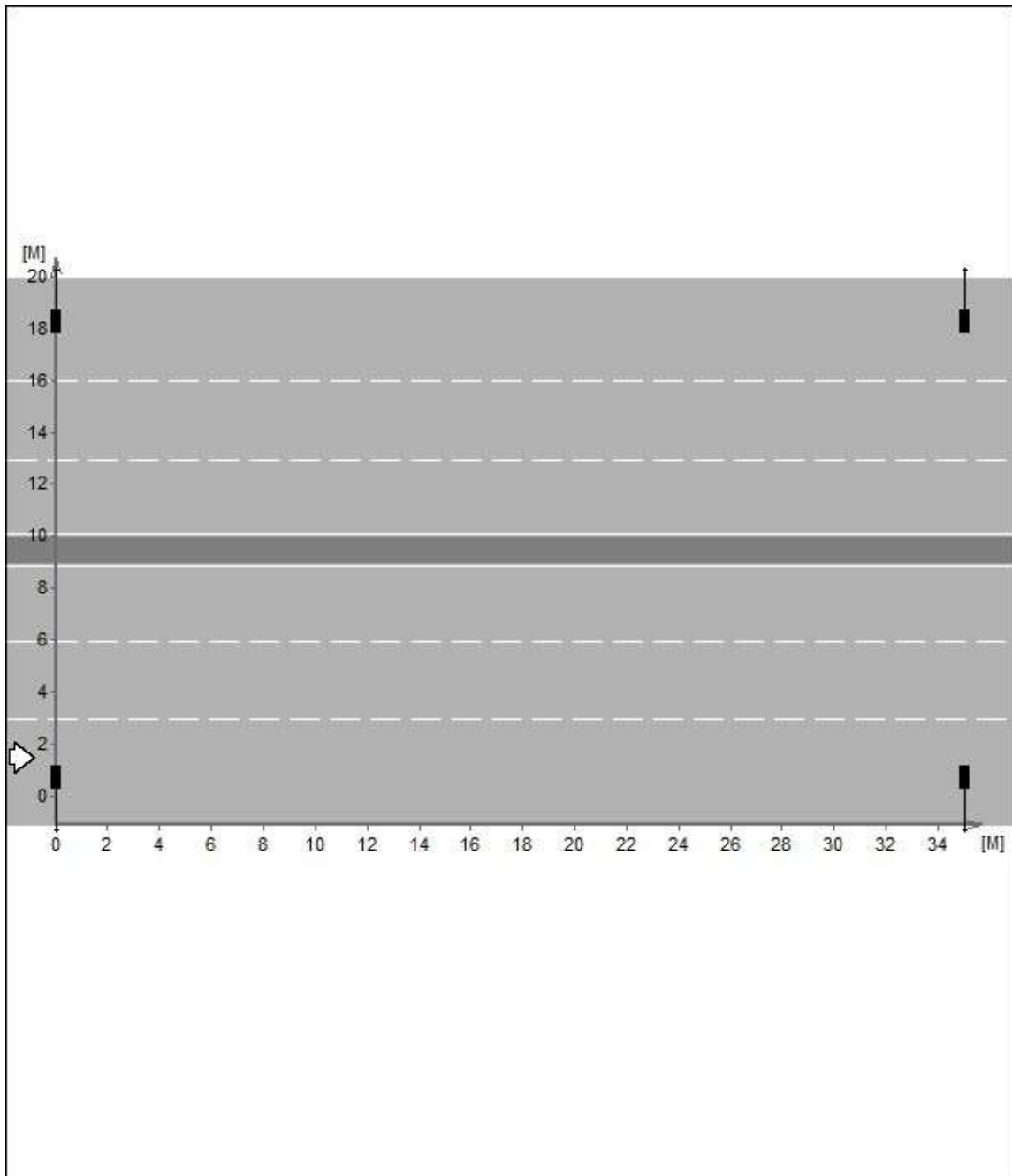
Ширина	м	1.00
Зазор между тротуаром и проезжей частью	м	-0.00

Тротуар (левый)

Ширина	м	1.00
Зазор между тротуаром и проезжей частью	м	-0.00

Дорога

Полная ширина	м	21.00
---------------	---	-------



Результаты расчета Сводные данные

Расчет

По проезжей части

Показатели яркости		
Средняя, кд/м ²	$L_{\text{ср}}$	1.04
Коэффициент общей равномерности	$L_{\text{мин}}/L_{\text{ср}}$	0.51
Коэффициент продольной равномерности	$L_{\text{мин}}/L_{\text{макс}}$	0.74
Показатели освещенности		
Средняя, лк	$E_{\text{ср}}$	20.0
Максимальная, лк	$E_{\text{макс}}$	29.9
Минимальная, лк	$E_{\text{мин}}$	10.8
Коэффициент равномерности	$E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$	0.54
Отношение максимальной к средней	$E_{\text{макс}}/E_{\text{ср}}$	1.5
Другие показатели		
Показатель ослепленности, %	P	39
Пороговое приращение яркости, %	Tl	5.7
Коэффициент использования по освещенности	U_E	0.60

По тротуару (правый)

Средняя гор. освещенность, лк	$E_{\text{ср}}$	13.4
Макс. гор. освещенность, лк	$E_{\text{макс}}$	18.4
Мин. гор. освещенность, лк	$E_{\text{мин}}$	9.3
Коэффициент равномерности	$E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$	0.69
Отношение макс. освещенности к средней	$E_{\text{макс}}/E_{\text{ср}}$	1.4
Средняя полуцилиндр. освещенность, лк	$E_{\text{пц, мин}}$	1.3
Коэффициент использования по освещенности	U_E	0.02

По тротуару (левый)

Средняя гор. освещенность, лк	$E_{\text{ср}}$	13.4
Макс. гор. освещенность, лк	$E_{\text{макс}}$	18.4
Мин. гор. освещенность, лк	$E_{\text{мин}}$	9.3
Коэффициент равномерности	$E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$	0.69
Отношение макс. освещенности к средней	$E_{\text{макс}}/E_{\text{ср}}$	1.4
Средняя полуцилиндр. освещенность, лк	$E_{\text{пц, мин}}$	1.3
Коэффициент использования по освещенности	U_E	0.02

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции кВт·час/м ² /сут
Январь	1	1	0,83
	2	2	0,91
	3	3	0,86
	4	4	0,93
	5	5	0,75
	6	6	0,87
	7	7	0,89
	8	8	0,80
	9	9	0,92
	10	10	0,80
	11	11	0,91
	12	12	0,89
	13	13	1,00
	14	14	0,99
	15	15	1,02
	16	16	0,80
	17	17	1,06
	18	18	0,98
	19	19	0,86
	20	20	0,97
	21	21	0,85
	22	22	1,10
	23	23	1,16
	24	24	1,15
	25	25	1,29
	26	26	1,23
	27	27	1,19
	28	28	1,15
	29	29	1,09
	30	30	1,50
	31	31	1,35
Февраль	1	32	1,46
	2	33	1,62
	3	34	1,51
	4	35	1,79
	5	36	1,72
	6	37	1,89
	7	38	1,97
	8	39	2,01
	9	40	2,05
	10	41	2,06
	11	42	2,17
	12	43	2,16
	13	44	2,00
	14	45	2,01
	15	46	1,96
	16	47	2,12
	17	48	2,46
	18	49	2,73
	19	50	2,60
	20	51	2,59

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции кВт·час/м ² /сут
Февраль	21	52	2,56
	22	53	2,77
	23	54	2,89
	24	55	2,92
	25	56	2,67
	26	57	2,91
	27	58	2,80
	28	59	2,86
Март	1	60	1,95
	2	61	2,21
	3	62	2,46
	4	63	2,21
	5	64	2,60
	6	65	2,76
	7	66	3,07
	8	67	2,91
	9	68	3,44
	10	69	3,44
	11	70	3,01
	12	71	2,69
	13	72	3,30
	14	73	3,25
	15	74	3,25
	16	75	3,34
	17	76	3,11
	18	77	2,96
	19	78	2,76
	20	79	3,17
	21	80	3,51
	22	81	3,58
	23	82	3,89
	24	83	4,03
	25	84	3,93
	26	85	3,58
	27	86	3,57
	28	87	3,66
	29	88	3,76
	30	89	4,53
	31	90	4,56
Апрель	1	91	3,18
	2	92	4,03
	3	93	4,01
	4	94	4,41
	5	95	4,50
	6	96	4,13
	7	97	3,50
	8	98	3,56
	9	99	4,11
	10	100	3,80
	11	101	4,26
	12	102	4,15

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции кВт·час/м ² /сут
Апрель	13	103	4,70
	14	104	4,28
	15	105	4,51
	16	106	4,36
	17	107	5,00
	18	108	5,20
	19	109	4,83
	20	110	4,81
	21	111	4,26
	22	112	5,26
	23	113	4,87
	24	114	5,18
	25	115	5,49
	26	116	5,59
	27	117	5,75
28	118	5,32	
29	119	5,25	
30	120	5,60	
Май	1	121	5,98
	2	122	6,12
	3	123	5,66
	4	124	6,06
	5	125	5,88
	6	126	5,35
	7	127	5,52
	8	128	5,11
	9	129	5,66
	10	130	6,01
	11	131	5,47
	12	132	5,29
	13	133	6,10
	14	134	6,15
	15	135	6,38
	16	136	6,80
	17	137	6,89
	18	138	6,15
	19	139	6,57
	20	140	5,88
	21	141	6,48
22	142	6,42	
23	143	6,77	
24	144	6,69	
25	145	6,12	
26	146	6,13	
27	147	6,59	
28	148	6,36	
29	149	5,83	
30	150	6,20	
31	151	6,06	
Июнь	1	152	6,12
	2	153	5,85

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции кВт·час/м ² /сут	
Июнь	3	154	6,74	
	4	155	6,93	
	5	156	6,72	
	6	157	6,66	
	7	158	6,41	
	8	159	6,45	
	9	160	6,71	
	10	161	6,59	
	11	162	6,53	
	12	163	6,05	
	13	164	6,16	
	14	165	6,78	
	15	166	6,43	
	16	167	5,97	
	17	168	5,57	
	18	169	6,36	
	19	170	6,32	
	20	171	6,37	
	21	172	5,77	
	22	173	6,28	
	23	174	6,66	
	24	175	6,40	
	25	176	6,32	
	26	177	5,77	
	27	178	5,48	
	28	179	5,98	
	29	180	5,94	
	30	181	5,88	
	Июль	1	182	6,15
		2	183	6,67
3		184	6,95	
4		185	6,55	
5		186	6,53	
6		187	6,83	
7		188	6,17	
8		189	7,05	
9		190	6,21	
10		191	6,35	
11		192	6,14	
12		193	6,46	
13		194	6,18	
14		195	6,25	
15		196	6,00	
16		197	6,35	
17		198	6,23	
18		199	6,28	
19		200	7,00	
20		201	6,88	
21		202	7,06	
22		203	6,62	
23		204	6,40	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции кВт·час/м ² /сут
Июль	24	205	6,20
	25	206	6,37
	26	207	6,36
	27	208	6,57
	28	209	6,56
	29	210	6,32
	30	211	6,14
	31	212	6,43
Август	1	213	6,65
	2	214	6,63
	3	215	6,73
	4	216	6,16
	5	217	6,54
	6	218	6,42
	7	219	6,44
	8	220	6,48
	9	221	6,75
	10	222	6,50
	11	223	6,39
	12	224	6,42
	13	225	5,36
	14	226	5,00
	15	227	5,81
	16	228	5,80
	17	229	5,88
	18	230	5,85
	19	231	6,07
	20	232	6,06
	21	233	5,75
	22	234	5,54
	23	235	5,78
	24	236	5,29
	25	237	5,88
	26	238	5,63
	27	239	5,10
	28	240	4,97
	29	241	4,50
	30	242	4,68
	31	243	4,56
Сентябрь	1	244	4,90
	2	245	4,78
	3	246	4,69
	4	247	4,79
	5	248	4,36
	6	249	4,32
	7	250	4,36
	8	251	4,07
	9	252	4,05
	10	253	4,57
	11	254	4,87
	12	255	4,47

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции кВт·час/м ² /сут	
Сентябрь	13	256	4,66	
	14	257	4,20	
	15	258	4,28	
	16	259	4,30	
	17	260	4,39	
	18	261	4,18	
	19	262	4,10	
	20	263	3,83	
	21	264	3,35	
	22	265	3,36	
	23	266	3,42	
	24	267	2,92	
	25	268	2,90	
	26	269	3,33	
	27	270	3,58	
	28	271	3,47	
	29	272	3,54	
	30	273	3,29	
	Октябрь	1	275	3,67
		2	276	3,43
		3	277	3,68
		4	278	3,04
		5	279	2,89
		6	280	3,20
		7	281	3,10
		8	282	3,09
		9	283	2,32
		10	284	2,90
		11	285	2,60
		12	286	2,38
13		287	2,74	
14		288	2,48	
15		289	2,30	
16		290	2,31	
17		291	2,17	
18		292	1,89	
19		293	1,94	
20		294	2,05	
21		295	2,00	
22		296	2,05	
23		297	1,98	
24		298	1,81	
25		299	2,00	
26		300	1,76	
27		301	1,83	
28		302	1,64	
29		303	2,00	
30		304	1,79	
31		305	1,76	
Ноябрь	1	306	1,75	
	2	307	1,45	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции кВт·час/м ² /сут	
Ноябрь	3	308	1,25	
	4	309	1,48	
	5	310	1,45	
	6	311	1,42	
	7	312	1,52	
	8	313	1,38	
	9	314	1,34	
	10	315	1,10	
	11	316	1,15	
	12	317	1,29	
	13	318	1,06	
	14	319	1,04	
	15	320	0,90	
	16	321	0,84	
	17	322	1,08	
	18	323	1,17	
	19	324	1,08	
	20	325	0,76	
	21	326	0,94	
	22	327	0,89	
	23	328	1,18	
	24	329	0,84	
	25	330	0,67	
	26	331	0,90	
	27	332	0,71	
	28	333	0,78	
	29	334	0,81	
	30	335	0,78	
	Декабрь	1	336	0,85
		2	337	0,83
3		338	0,81	
4		339	0,86	
5		340	0,82	
6		341	0,66	
7		342	0,83	
8		343	0,77	
9		344	0,80	
10		345	0,82	
11		346	0,83	
12		347	0,65	
13		348	0,73	
14		349	0,74	
15		350	0,82	
16		351	0,96	
17		352	0,89	
18		353	0,89	
19		354	0,83	
20		355	0,74	
21		356	0,77	
22		357	0,73	
23		358	0,90	

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции кВт·час/м ² /сут
Декабрь	24	359	0,77
	25	360	0,78
	26	361	0,85
	27	362	0,67
	28	363	0,66
	29	364	0,82
	30	365	0,80
	31	366	0,89

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции при угле 40° кВт·час/м²/сут
Январь	1	1	1,08
	2	2	1,18
	3	3	1,12
	4	4	1,21
	5	5	0,98
	6	6	1,14
	7	7	1,17
	8	8	1,05
	9	9	1,21
	10	10	1,05
	11	11	1,19
	12	12	1,17
	13	13	1,31
	14	14	1,29
	15	15	1,34
	16	16	1,05
	17	17	1,39
	18	18	1,28
	19	19	1,13
	20	20	1,27
	21	21	1,11
	22	22	1,44
	23	23	1,51
	24	24	1,51
	25	25	1,69
	26	26	1,61
	27	27	1,56
	28	28	1,50
	29	29	1,42
	30	30	1,96
	31	31	1,77
Февраль	1	32	1,90
	2	33	2,11
	3	34	1,98
	4	35	2,33
	5	36	2,25
	6	37	2,47
	7	38	2,57
	8	39	2,63
	9	40	2,68
	10	41	2,69
	11	42	2,83
	12	43	2,82
	13	44	2,61
	14	45	2,62
	15	46	2,56
	16	47	2,76
	17	48	3,21
	18	49	3,57
	19	50	3,39
	20	51	3,38

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции при угле 40° кВт·час/м²/сут	
Февраль	21	52	3,35	
	22	53	3,61	
	23	54	3,78	
	24	55	3,81	
	25	56	3,48	
	26	57	3,80	
	27	58	3,65	
	28	59	3,74	
	Март	1	60	2,55
		2	61	2,88
3		62	3,21	
4		63	2,89	
5		64	3,39	
6		65	3,60	
7		66	4,00	
8		67	3,80	
9		68	4,49	
10		69	4,49	
11		70	3,93	
12		71	3,51	
13		72	4,31	
14		73	4,24	
15		74	4,24	
16		75	4,35	
17		76	4,05	
18		77	3,86	
19		78	3,61	
20		79	4,14	
21		80	4,58	
22		81	4,68	
23		82	5,08	
24		83	5,26	
25		84	5,13	
26		85	4,67	
27		86	4,66	
28		87	4,78	
29		88	4,91	
30		89	5,91	
31		90	5,95	
Апрель	1	91	4,15	
	2	92	5,26	
	3	93	5,23	
	4	94	5,76	
	5	95	5,87	
	6	96	5,39	
	7	97	4,57	
	8	98	4,65	
	9	99	5,37	
	10	100	4,96	
	11	101	5,56	
	12	102	5,41	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции при угле 40° кВт·час/м ² /сут
Апрель	13	103	6,13
	14	104	5,59
	15	105	5,88
	16	106	5,70
	17	107	6,53
	18	108	6,79
	19	109	6,30
	20	110	6,28
	21	111	5,56
	22	112	6,87
	23	113	6,36
	24	114	6,76
	25	115	7,17
	26	116	7,29
27	117	7,51	
28	118	6,95	
29	119	6,86	
30	120	7,31	
Май	1	121	7,80
	2	122	7,99
	3	123	7,38
	4	124	7,92
	5	125	7,68
	6	126	6,99
	7	127	7,21
	8	128	6,67
	9	129	7,39
	10	130	7,85
	11	131	7,14
	12	132	6,91
	13	133	7,96
	14	134	8,03
	15	135	8,33
	16	136	8,88
	17	137	9,00
	18	138	8,03
	19	139	8,58
	20	140	7,67
	21	141	8,46
22	142	8,38	
23	143	8,84	
24	144	8,73	
25	145	7,99	
26	146	8,00	
27	147	8,61	
28	148	8,31	
29	149	7,61	
30	150	8,10	
31	151	7,91	
Июнь	1	152	7,99
	2	153	7,63

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции при угле 40° кВт·час/м ² /сут	
Июнь	3	154	8,80	
	4	155	9,04	
	5	156	8,78	
	6	157	8,70	
	7	158	8,37	
	8	159	8,42	
	9	160	8,76	
	10	161	8,61	
	11	162	8,52	
	12	163	7,90	
	13	164	8,04	
	14	165	8,86	
	15	166	8,39	
	16	167	7,79	
	17	168	7,27	
	18	169	8,30	
	19	170	8,25	
	20	171	8,31	
	21	172	7,53	
	22	173	8,19	
	23	174	8,70	
	24	175	8,36	
	25	176	8,25	
	26	177	7,54	
	27	178	7,16	
	28	179	7,81	
	29	180	7,76	
	30	181	7,68	
	Июль	1	182	8,03
		2	183	8,71
3		184	9,08	
4		185	8,55	
5		186	8,53	
6		187	8,91	
7		188	8,05	
8		189	9,20	
9		190	8,11	
10		191	8,29	
11		192	8,02	
12		193	8,43	
13		194	8,07	
14	195	8,16		
15	196	7,83		
16	197	8,28		
17	198	8,14		
18	199	8,20		
19	200	9,14		
20	201	8,98		
21	202	9,21		
22	203	8,65		
23	204	8,35		

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции при угле 40° кВт·час/м ² /сут
Июль	24	205	8,09
	25	206	8,31
	26	207	8,30
	27	208	8,57
	28	209	8,56
	29	210	8,25
	30	211	8,02
	31	212	8,40
Август	1	213	8,68
	2	214	8,66
	3	215	8,79
	4	216	8,05
	5	217	8,54
	6	218	8,39
	7	219	8,41
	8	220	8,46
	9	221	8,81
	10	222	8,49
	11	223	8,35
	12	224	8,38
	13	225	7,00
	14	226	6,53
	15	227	7,59
	16	228	7,57
	17	229	7,67
	18	230	7,64
	19	231	7,93
	20	232	7,92
	21	233	7,51
	22	234	7,23
	23	235	7,55
	24	236	6,90
	25	237	7,68
	26	238	7,36
	27	239	6,66
	28	240	6,49
	29	241	5,88
	30	242	6,11
	31	243	5,96
Сентябрь	1	244	6,40
	2	245	6,24
	3	246	6,13
	4	247	6,26
	5	248	5,69
	6	249	5,64
	7	250	5,69
	8	251	5,31
	9	252	5,28
	10	253	5,96
	11	254	6,36
	12	255	5,83

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции при угле 40° кВт·час/м ² /сут	
Сентябрь	13	256	6,09	
	14	257	5,48	
	15	258	5,59	
	16	259	5,62	
	17	260	5,74	
	18	261	5,46	
	19	262	5,35	
	20	263	5,01	
	21	264	4,37	
	22	265	4,39	
	23	266	4,47	
	24	267	3,82	
	25	268	3,79	
	26	269	4,34	
	27	270	4,67	
	28	271	4,53	
	29	272	4,62	
	30	273	4,29	
	Октябрь	1	275	4,80
		2	276	4,47
		3	277	4,81
		4	278	3,97
		5	279	3,77
		6	280	4,18
		7	281	4,04
		8	282	4,04
		9	283	3,03
		10	284	3,78
		11	285	3,39
		12	286	3,10
13		287	3,58	
14		288	3,24	
15		289	3,00	
16		290	3,01	
17		291	2,84	
18		292	2,47	
19		293	2,53	
20		294	2,67	
21		295	2,61	
22		296	2,67	
23		297	2,59	
24		298	2,36	
25		299	2,61	
26		300	2,29	
27		301	2,39	
28		302	2,14	
29		303	2,61	
30		304	2,34	
31		305	2,30	
Ноябрь	1	306	2,29	
	2	307	1,90	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции при угле 40° кВт·час/м ² /сут	
Ноябрь	3	308	1,93	
	4	309	1,89	
	5	310	1,85	
	6	311	1,98	
	7	312	1,81	
	8	313	1,75	
	9	314	1,44	
	10	315	1,50	
	11	316	1,68	
	12	317	1,38	
	13	318	1,36	
	14	319	1,17	
	15	320	1,09	
	16	321	1,41	
	17	322	1,52	
	18	323	1,41	
	19	324	0,99	
	20	325	1,23	
	21	326	1,16	
	22	327	1,55	
	23	328	1,10	
	24	329	0,88	
	25	330	1,18	
	26	331	0,93	
	27	332	1,02	
	28	333	1,06	
	29	334	1,01	
	30	335	1,11	
	Декабрь	1	336	1,08
		2	337	1,05
3		338	1,12	
4		339	1,06	
5		340	0,87	
6		341	1,09	
7		342	1,01	
8		343	1,05	
9		344	1,07	
10		345	1,08	
11		346	0,85	
12		347	0,96	
13		348	0,97	
14		349	1,06	
15		350	1,25	
16		351	1,16	
17		352	1,16	
18		353	1,09	
19		354	0,97	
20		355	1,01	
21		356	0,96	
22		357	1,18	
23		358	1,00	

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции при угле 40° кВт·час/м ² /сут
Декабрь	24	359	1,02
	25	360	1,11
	26	361	0,88
	27	362	0,86
	28	363	1,08
	29	364	1,04
	30	365	1,16
	31	366	1,02

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции с учетом Кт кВт·час/сут
Январь	1	1	0,33
	2	2	0,36
	3	3	0,34
	4	4	0,37
	5	5	0,30
	6	6	0,35
	7	7	0,36
	8	8	0,32
	9	9	0,37
	10	10	0,32
	11	11	0,36
	12	12	0,35
	13	13	0,40
	14	14	0,39
	15	15	0,40
	16	16	0,32
	17	17	0,42
	18	18	0,39
	19	19	0,35
	20	20	0,39
	21	21	0,34
	22	22	0,44
	23	23	0,46
	24	24	0,47
	25	25	0,52
	26	26	0,50
	27	27	0,48
	28	28	0,46
	29	29	0,43
	30	30	0,60
	31	31	0,54
Февраль	1	32	0,58
	2	33	0,65
	3	34	0,61
	4	35	0,72
	5	36	0,69
	6	37	0,76
	7	38	0,79
	8	39	0,80
	9	40	0,81
	10	41	0,82
	11	42	0,86
	12	43	0,86
	13	44	0,79
	14	45	0,79
	15	46	0,78
	16	47	0,84
	17	48	0,98
	18	49	1,08
	19	50	1,02
	20	51	1,02

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции с учетом Кт кВт·час/сут	
Февраль	21	52	1,01	
	22	53	1,09	
	23	54	1,14	
	24	55	1,15	
	25	56	1,05	
	26	57	1,15	
	27	58	1,10	
	28	59	1,12	
	Март	1	60	0,76
		2	61	0,86
		3	62	0,96
		4	63	0,86
		5	64	1,01
		6	65	1,07
7		66	1,19	
8		67	1,13	
9		68	1,34	
10		69	1,34	
11		70	1,17	
12		71	1,04	
13		72	1,27	
14		73	1,25	
15		74	1,25	
16		75	1,29	
17		76	1,20	
18		77	1,14	
19		78	1,06	
20		79	1,22	
21		80	1,35	
22		81	1,38	
23		82	1,49	
24		83	1,54	
Апрель	25	84	1,50	
	26	85	1,37	
	27	86	1,37	
	28	87	1,40	
	29	88	1,44	
	30	89	1,73	
	31	90	1,73	
	1	91	1,21	
	2	92	1,53	
	3	93	1,52	
	4	94	1,67	
	5	95	1,70	
6	96	1,55		
7	97	1,32		
8	98	1,34		
9	99	1,55		
10	100	1,43		
11	101	1,60		
12	102	1,55		

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции с учетом Кт кВт·час/сут
Апрель	13	103	1,75
	14	104	1,60
	15	105	1,69
	16	106	1,63
	17	107	1,86
	18	108	1,93
	19	109	1,80
	20	110	1,79
	21	111	1,58
	22	112	1,96
	23	113	1,81
	24	114	1,92
	25	115	2,03
	26	116	2,07
	27	117	2,12
	28	118	1,96
29	119	1,93	
30	120	2,06	
Май	1	121	2,19
	2	122	2,25
	3	123	2,08
	4	124	2,22
	5	125	2,15
	6	126	1,96
	7	127	2,02
	8	128	1,87
	9	129	2,07
	10	130	2,19
	11	131	1,99
	12	132	1,92
	13	133	2,22
	14	134	2,24
	15	135	2,32
	16	136	2,46
	17	137	2,50
	18	138	2,23
	19	139	2,37
	20	140	2,12
	21	141	2,33
22	142	2,30	
23	143	2,43	
24	144	2,40	
25	145	2,19	
26	146	2,20	
27	147	2,36	
28	148	2,27	
29	149	2,09	
30	150	2,22	
31	151	2,16	
Июнь	1	152	2,19
	2	153	2,10

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции с учетом Кт кВт·час/сут
Июнь	3	154	2,42
	4	155	2,49
	5	156	2,41
	6	157	2,39
	7	158	2,29
	8	159	2,30
	9	160	2,39
	10	161	2,34
	11	162	2,32
	12	163	2,15
	13	164	2,19
	14	165	2,40
	15	166	2,28
	16	167	2,12
	17	168	1,98
	18	169	2,27
	19	170	2,25
	20	171	2,26
	21	172	2,05
	22	173	2,23
23	174	2,36	
24	175	2,26	
25	176	2,23	
26	177	2,04	
27	178	1,94	
28	179	2,12	
29	180	2,11	
30	181	2,08	
Июль	1	182	2,18
	2	183	2,36
	3	184	2,45
	4	185	2,31
	5	186	2,31
	6	187	2,41
	7	188	2,18
	8	189	2,48
	9	190	2,19
	10	191	2,23
	11	192	2,16
	12	193	2,26
	13	194	2,17
	14	195	2,20
	15	196	2,11
	16	197	2,22
	17	198	2,19
	18	199	2,20
	19	200	2,45
	20	201	2,40
	21	202	2,47
	22	203	2,32
	23	204	2,24

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции с учетом Кт кВт·час/сут
Июль	24	205	2,17
	25	206	2,22
	26	207	2,22
	27	208	2,29
	28	209	2,30
	29	210	2,21
	30	211	2,14
	31	212	2,24
Август	1	213	2,32
	2	214	2,32
	3	215	2,36
	4	216	2,16
	5	217	2,28
	6	218	2,24
	7	219	2,24
	8	220	2,26
	9	221	2,37
	10	222	2,27
	11	223	2,24
	12	224	2,24
	13	225	1,87
	14	226	1,75
	15	227	2,04
	16	228	2,04
	17	229	2,06
	18	230	2,05
	19	231	2,13
	20	232	2,13
	21	233	2,03
	22	234	1,95
	23	235	2,04
	24	236	1,86
25	237	2,08	
26	238	2,00	
27	239	1,81	
28	240	1,76	
29	241	1,60	
30	242	1,67	
31	243	1,63	
Сентябрь	1	244	1,76
	2	245	1,71
	3	246	1,68
	4	247	1,71
	5	248	1,57
	6	249	1,55
	7	250	1,57
	8	251	1,47
	9	252	1,46
	10	253	1,65
	11	254	1,76
	12	255	1,61

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции с учетом Кт кВт·час/сут	
Сентябрь	13	256	1,68	
	14	257	1,52	
	15	258	1,55	
	16	259	1,56	
	17	260	1,59	
	18	261	1,52	
	19	262	1,49	
	20	263	1,40	
	21	264	1,22	
	22	265	1,22	
	23	266	1,25	
	24	267	1,07	
	25	268	1,06	
	26	269	1,22	
	27	270	1,31	
	28	271	1,27	
	29	272	1,30	
	30	273	1,21	
	Октябрь	1	275	1,36
		2	276	1,27
3		277	1,37	
4		278	1,13	
5		279	1,07	
6		280	1,18	
7		281	1,15	
8		282	1,15	
9		283	0,87	
10		284	1,08	
11		285	0,97	
12		286	0,89	
13		287	1,03	
14		288	0,93	
15		289	0,86	
16		290	0,87	
17		291	0,82	
18		292	0,71	
19		293	0,73	
20		294	0,77	
21		295	0,76	
22		296	0,77	
23		297	0,75	
24		298	0,69	
25		299	0,76	
26		300	0,67	
27		301	0,70	
28		302	0,63	
29		303	0,76	
30		304	0,68	
31		305	0,67	
Ноябрь	1	306	0,67	
	2	307	0,55	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции с учетом Кт кВт·час/сут	
Ноябрь	3	308	0,48	
	4	309	0,57	
	5	310	0,56	
	6	311	0,54	
	7	312	0,58	
	8	313	0,53	
	9	314	0,51	
	10	315	0,42	
	11	316	0,44	
	12	317	0,50	
	13	318	0,41	
	14	319	0,40	
	15	320	0,35	
	16	321	0,32	
	17	322	0,42	
	18	323	0,45	
	19	324	0,42	
	20	325	0,29	
	21	326	0,37	
	22	327	0,34	
	23	328	0,46	
	24	329	0,33	
	25	330	0,26	
	26	331	0,35	
	27	332	0,28	
	28	333	0,30	
	29	334	0,31	
	30	335	0,30	
	Декабрь	1	336	0,33
		2	337	0,32
3		338	0,32	
4		339	0,33	
5		340	0,32	
6		341	0,26	
7		342	0,33	
8		343	0,30	
9		344	0,32	
10		345	0,32	
11		346	0,33	
12		347	0,26	
13		348	0,29	
14		349	0,29	
15		350	0,32	
16		351	0,38	
17		352	0,35	
18		353	0,35	
19		354	0,33	
20		355	0,30	
21		356	0,31	
22		357	0,29	
23		358	0,36	

Месяц	Дата	День	Среднее значение инсоляции с учетом Кт кВт·час/сут
Декабрь	24	359	0,31
	25	360	0,34
	26	361	0,26
	27	362	0,26
	28	363	0,33
	29	364	0,32
	30	365	0,35
	31	366	0,31

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Месяц	Дата	День	Среднее значение скорости ветра на высоте флюгера, м/с/сут
Январь	1	1	4,38
	2	2	4,09
	3	3	4,50
	4	4	4,30
	5	5	4,73
	6	6	4,89
	7	7	4,71
	8	8	4,41
	9	9	4,76
	10	10	3,59
	11	11	4,73
	12	12	4,69
	13	13	4,51
	14	14	5,00
	15	15	3,95
	16	16	3,60
	17	17	3,59
	18	18	4,06
	19	19	4,55
	20	20	4,35
	21	21	4,28
	22	22	4,06
	23	23	5,04
	24	24	4,51
	25	25	4,47
	26	26	5,06
	27	27	4,84
	28	28	5,23
	29	29	5,07
	30	30	5,30
	31	31	5,86
Февраль	1	32	5,79
	2	33	5,23
	3	34	5,15
	4	35	4,91
	5	36	4,08
	6	37	4,47
	7	38	4,73
	8	39	4,70
	9	40	4,53
	10	41	4,78
	11	42	4,72
	12	43	4,53
	13	44	4,43
	14	45	5,07
	15	46	5,35
	16	47	5,62
	17	48	4,84
	18	49	4,40
	19	50	5,43
	20	51	5,41

Месяц	Дата	День	Среднее значение скорости ветра на высоте флюгера, м/с/сут
Февраль	21	52	5,65
	22	53	5,35
	23	54	4,81
	24	55	4,55
	25	56	4,65
	26	57	4,81
	27	58	4,79
	28	59	4,08
Март	1	60	4,50
	2	61	4,55
	3	62	5,05
	4	63	5,40
	5	64	5,17
	6	65	5,18
	7	66	5,18
	8	67	4,20
	9	68	5,37
	10	69	5,37
	11	70	4,87
	12	71	4,59
	13	72	5,31
	14	73	5,70
	15	74	5,60
	16	75	5,64
	17	76	5,14
	18	77	4,80
	19	78	4,82
	20	79	4,78
	21	80	4,12
	22	81	4,27
	23	82	4,36
	24	83	5,39
	25	84	4,63
	26	85	4,14
	27	86	5,18
	28	87	5,28
	29	88	5,14
	30	89	5,03
	31	90	4,83
Апрель	1	91	4,20
	2	92	4,62
	3	93	4,69
	4	94	4,85
	5	95	4,80
	6	96	4,83
	7	97	4,92
	8	98	4,99
	9	99	6,16
	10	100	4,83
	11	101	4,49
	12	102	4,19

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Месяц	Дата	День	Среднее значение скорости ветра на высоте флюгера, м/с/сут
Апрель	13	103	3,65
	14	104	3,81
	15	105	4,95
	16	106	5,22
	17	107	4,11
	18	108	4,75
	19	109	4,34
	20	110	4,90
	21	111	4,39
	22	112	4,43
	23	113	4,65
	24	114	4,97
	25	115	4,41
	26	116	3,92
	27	117	3,71
	28	118	3,67
29	119	3,94	
30	120	4,33	
Май	1	121	3,93
	2	122	4,43
	3	123	4,69
	4	124	4,56
	5	125	3,96
	6	126	3,71
	7	127	4,11
	8	128	4,30
	9	129	3,94
	10	130	3,73
	11	131	3,78
	12	132	3,94
	13	133	3,82
	14	134	4,30
	15	135	4,50
	16	136	3,78
	17	137	3,91
	18	138	3,95
	19	139	3,92
	20	140	4,02
	21	141	3,55
22	142	3,68	
23	143	3,58	
24	144	4,12	
25	145	4,18	
26	146	3,88	
27	147	3,80	
28	148	3,66	
29	149	4,12	
30	150	3,29	
31	151	3,96	
Июнь	1	152	4,26
	2	153	4,58

Месяц	Дата	День	Среднее значение скорости ветра на высоте флюгера, м/с/сут	
Июнь	3	154	4,24	
	4	155	3,80	
	5	156	4,01	
	6	157	4,10	
	7	158	3,60	
	8	159	3,57	
	9	160	3,91	
	10	161	4,42	
	11	162	4,68	
	12	163	4,19	
	13	164	4,51	
	14	165	4,55	
	15	166	4,32	
	16	167	4,20	
	17	168	4,11	
	18	169	3,75	
	19	170	4,07	
	20	171	4,27	
	21	172	4,21	
	22	173	4,02	
	23	174	3,93	
	24	175	4,55	
	25	176	4,28	
	26	177	3,93	
	27	178	3,96	
	28	179	4,05	
	29	180	3,69	
	30	181	3,84	
	Июль	1	182	4,05
		2	183	4,51
3		184	4,41	
4		185	4,47	
5		186	4,09	
6		187	3,90	
7		188	4,44	
8		189	4,44	
9		190	4,17	
10		191	4,27	
11		192	4,26	
12		193	4,15	
13		194	4,41	
14		195	4,26	
15		196	4,42	
16		197	4,86	
17		198	4,69	
18		199	4,50	
19		200	4,59	
20		201	4,82	
21		202	5,05	
22		203	4,78	
23		204	5,46	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Месяц	Дата	День	Среднее значение скорости ветра на высоте флюгера, м/с/сут
Июль	24	205	4,84
	25	206	4,43
	26	207	4,72
	27	208	4,59
	28	209	5,01
	29	210	4,68
	30	211	4,74
	31	212	4,02
Август	1	213	3,99
	2	214	4,05
	3	215	4,50
	4	216	4,38
	5	217	4,72
	6	218	4,47
	7	219	4,50
	8	220	4,35
	9	221	4,49
	10	222	4,77
	11	223	4,86
	12	224	5,02
	13	225	4,77
	14	226	4,80
	15	227	4,68
	16	228	5,05
	17	229	4,99
	18	230	4,46
	19	231	4,18
	20	232	4,30
	21	233	4,07
	22	234	4,35
	23	235	4,51
	24	236	4,39
	25	237	4,38
	26	238	4,10
	27	239	3,65
	28	240	4,02
	29	241	3,93
	30	242	4,40
	31	243	4,52
Сентябрь	1	244	4,08
	2	245	4,52
	3	246	4,26
	4	247	4,34
	5	248	3,91
	6	249	4,36
	7	250	3,87
	8	251	3,40
	9	252	3,43
	10	253	3,70
	11	254	4,20
	12	255	4,20

Месяц	Дата	День	Среднее значение скорости ветра на высоте флюгера, м/с/сут	
Сентябрь	13	256	4,18	
	14	257	3,95	
	15	258	4,00	
	16	259	4,00	
	17	260	3,84	
	18	261	3,86	
	19	262	4,34	
	20	263	4,04	
	21	264	3,84	
	22	265	3,90	
	23	266	3,98	
	24	267	4,16	
	25	268	4,20	
	26	269	4,18	
	27	270	3,84	
	28	271	3,91	
	29	272	4,73	
	30	273	4,36	
	Октябрь	1	275	4,06
		2	276	4,51
		3	277	4,32
		4	278	4,37
		5	279	4,00
		6	280	3,96
		7	281	3,69
		8	282	3,47
		9	283	4,21
		10	284	4,14
		11	285	3,79
		12	286	3,69
13		287	3,82	
14		288	3,67	
15		289	3,60	
16		290	3,82	
17		291	4,17	
18		292	4,15	
19		293	4,38	
20		294	3,85	
21		295	4,38	
22		296	4,07	
23		297	3,74	
24		298	3,94	
25		299	4,38	
26		300	4,37	
27		301	4,00	
28		302	4,01	
29		303	4,21	
30		304	4,98	
31		305	4,08	
Ноябрь	1	306	3,74	
	2	307	4,62	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Месяц	Дата	День	Среднее значение скорости ветра на высоте флюгера, м/с/сут	
Ноябрь	3	308	4,33	
	4	309	3,45	
	5	310	3,62	
	6	311	4,24	
	7	312	4,14	
	8	313	3,79	
	9	314	3,93	
	10	315	4,15	
	11	316	4,41	
	12	317	4,36	
	13	318	3,61	
	14	319	3,72	
	15	320	4,03	
	16	321	3,98	
	17	322	4,07	
	18	323	3,93	
	19	324	3,84	
	20	325	4,73	
	21	326	4,81	
	22	327	4,84	
	23	328	4,13	
	24	329	3,38	
	25	330	3,79	
	26	331	3,98	
	27	332	4,04	
	28	333	3,80	
	29	334	3,51	
	30	335	3,79	
	Декабрь	1	336	3,94
		2	337	4,25
3		338	4,18	
4		339	3,64	
5		340	4,37	
6		341	4,19	
7		342	4,54	
8		343	4,60	
9		344	4,21	
10		345	4,85	
11		346	4,36	
12		347	4,52	
13		348	3,80	
14		349	4,15	
15	350	4,42		
16	351	4,22		
17	352	4,76		
18	353	4,49		
19	354	5,22		
20	355	5,34		
21	356	4,59		
22	357	4,13		
23	358	4,49		

Месяц	Дата	День	Среднее значение скорости ветра на высоте флюгера, м/с/сут
Декабрь	24	359	4,87
	25	360	4,25
	26	361	4,87
	27	362	4,32
	28	363	3,58
	29	364	3,76
	30	365	4,53
	31	366	4,23

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут
Январь	1	1	81,89
	2	2	66,87
	3	3	88,89
	4	4	77,77
	5	5	103,56
	6	6	115,01
	7	7	102,62
	8	8	83,92
	9	9	105,20
	10	10	44,83
	11	11	102,63
	12	12	99,92
	13	13	89,28
	14	14	11,74
	15	15	59,70
	16	16	45,19
	17	17	45,21
	18	18	65,28
	19	19	91,76
	20	20	80,57
	21	21	76,13
	22	22	65,53
	23	23	12,15
	24	24	90,33
	25	25	88,41
	26	26	12,39
	27	27	111,80
	28	28	13,54
	29	29	12,33
	30	30	14,13
	31	31	19,08
Февраль	1	32	18,38
	2	33	13,56
	3	34	12,96
	4	35	115,39
	5	36	66,04
	6	37	87,18
	7	38	103,45
	8	39	100,65
	9	40	90,36
	10	41	105,91
	11	42	101,92
	12	43	90,09
	13	44	84,11
	14	45	12,22
	15	46	14,34
	16	47	16,76
	17	48	110,25
	18	49	82,70
	19	50	14,97
	20	51	14,78

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут	
Февраль	21	52	16,83	
	22	53	14,29	
	23	54	107,80	
	24	55	90,72	
	25	56	96,78	
	26	57	106,83	
	27	58	105,65	
	28	59	64,85	
	Март	1	60	87,13
		2	61	90,08
3		62	11,89	
4		63	14,51	
5		64	12,73	
6		65	12,77	
7		66	12,81	
8		67	70,16	
9		68	14,31	
10		69	14,28	
11		70	109,38	
12		71	91,36	
13		72	13,68	
14		73	16,96	
15		74	16,02	
16		75	16,39	
17		76	12,41	
18		77	103,83	
19		78	105,45	
20		79	102,33	
21		80	65,88	
22		81	73,19	
23		82	77,79	
24		83	14,25	
25		84	92,73	
26		85	66,56	
27		86	12,62	
28		87	13,38	
29		88	12,36	
30		89	11,48	
31		90	104,53	
Апрель	1	91	68,65	
	2	92	91,59	
	3	93	95,86	
	4	94	105,67	
	5	95	101,74	
	6	96	103,68	
	7	97	109,76	
	8	98	11,10	
	9	99	20,92	
	10	100	103,60	
	11	101	83,13	
	12	102	67,70	

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут
Апрель	13	103	44,49
	14	104	50,74
	15	105	10,80
	16	106	12,58
	17	107	63,14
	18	108	97,42
	19	109	74,62
	20	110	107,55
	21	111	76,98
	22	112	79,44
	23	113	91,60
	24	114	10,85
	25	115	77,61
	26	116	54,81
	27	117	46,11
	28	118	44,66
29	119	55,25	
30	120	72,87	
Май	1	121	54,70
	2	122	78,44
	3	123	92,72
	4	124	85,11
	5	125	55,71
	6	126	46,06
	7	127	62,33
	8	128	71,46
	9	129	54,97
	10	130	46,68
	11	131	48,40
	12	132	54,68
	13	133	49,63
	14	134	70,84
	15	135	81,25
	16	136	48,25
	17	137	53,43
	18	138	55,02
	19	139	53,65
	20	140	57,73
	21	141	39,75
22	142	44,13	
23	143	40,54	
24	144	61,81	
25	145	64,39	
26	146	51,74	
27	147	48,58	
28	148	43,14	
29	149	61,68	
30	150	0,29	
31	151	54,87	
Июнь	1	152	68,07
	2	153	85,23

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут	
Июнь	3	154	67,33	
	4	155	48,33	
	5	156	57,04	
	6	157	60,64	
	7	158	40,88	
	8	159	39,86	
	9	160	52,42	
	10	161	75,87	
	11	162	89,85	
	12	163	64,18	
	13	164	80,55	
	14	165	82,22	
	15	166	70,29	
	16	167	65,05	
	17	168	60,80	
	18	169	46,35	
	19	170	59,18	
	20	171	68,30	
	21	172	65,22	
	22	173	56,96	
	23	174	53,00	
	24	175	82,34	
	25	176	68,21	
	26	177	52,79	
	27	178	54,07	
	28	179	57,97	
	29	180	43,86	
	30	181	49,42	
	Июль	1	182	58,08
		2	183	80,03
3		184	74,70	
4		185	77,54	
5		186	59,45	
6		187	51,49	
7		188	75,98	
8		189	75,85	
9		190	63,13	
10		191	67,59	
11		192	67,00	
12		193	62,05	
13		194	74,16	
14		195	67,26	
15		196	74,87	
16		197	99,40	
17		198	89,44	
18		199	78,86	
19		200	83,51	
20		201	96,95	
21		202	10,79	
22		203	94,59	
23		204	13,61	

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут	Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут
Июль	24	205	98,12	Сентябрь	13	256	64,74
	25	206	74,83		14	257	54,87
	26	207	91,07		15	258	56,92
	27	208	83,62		16	259	56,91
	28	209	10,55		17	260	50,58
	29	210	88,74		18	261	51,31
	30	211	91,68		19	262	73,10
	31	212	55,93		20	263	58,76
Август	1	213	54,76		21	264	50,50
	2	214	57,51		22	265	53,02
	3	215	79,15		23	266	56,49
	4	216	72,81		24	267	64,67
	5	217	90,83		25	268	66,40
	6	218	77,01		26	269	65,43
	7	219	78,65		27	270	50,68
	8	220	71,34		28	271	53,74
	9	221	78,28		29	272	95,64
	10	222	93,82		30	273	75,01
	11	223	99,37		1	275	60,82
	12	224	10,60		2	276	82,97
	13	225	93,63		3	277	73,08
	14	226	95,83		4	278	75,57
	15	227	88,59		5	279	57,93
	16	228	10,86		6	280	56,20
	17	229	10,45		7	281	45,84
	18	230	76,90		8	282	38,02
	19	231	63,43		9	283	68,26
	20	232	69,01		10	284	65,10
	21	233	58,53		11	285	49,81
	22	234	71,79		12	286	46,23
	23	235	79,79	13	287	51,37	
	24	236	73,90	14	288	45,43	
	25	237	73,41	15	289	43,04	
	26	238	60,26	16	290	51,27	
	27	239	42,50	17	291	66,62	
	28	240	56,92	18	292	66,02	
	29	241	53,42	19	293	77,50	
	30	242	74,73	20	294	52,53	
	31	243	81,23	21	295	77,89	
Сентябрь	1	244	59,95	22	296	62,27	
	2	245	81,70	23	297	48,48	
	3	246	68,01	24	298	56,53	
	4	247	72,14	25	299	78,21	
	5	248	52,79	26	300	77,77	
	6	249	73,06	27	301	59,65	
	7	250	51,52	28	302	59,96	
	8	251	0,32	29	303	69,50	
	9	252	0,33	30	304	115,69	
	10	253	45,13	31	305	63,45	
	11	254	65,67	1	306	49,30	
	12	255	65,83	2	307	92,17	
				Ноябрь			

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут	
Ноябрь	3	308	75,63	
	4	309	38,43	
	5	310	44,60	
	6	311	71,18	
	7	312	66,86	
	8	313	50,95	
	9	314	56,65	
	10	315	67,00	
	11	316	80,75	
	12	317	77,65	
	13	318	44,08	
	14	319	48,31	
	15	320	61,69	
	16	321	59,52	
	17	322	63,50	
	18	323	57,50	
	19	324	53,38	
	20	325	99,95	
	21	326	105,22	
	22	327	107,25	
	23	328	67,22	
	24	329	0,33	
	25	330	51,55	
	26	331	59,84	
	27	332	62,80	
	28	333	52,17	
	29	334	41,00	
	30	335	51,69	
	Декабрь	1	336	58,17
		2	337	73,25
3		338	70,07	
4		339	46,00	
5		340	79,89	
6		341	70,37	
7		342	89,46	
8		343	92,95	
9		344	71,70	
10		345	109,55	
11		346	80,04	
12		347	89,32	
13		348	52,88	
14		349	68,69	
15		350	83,62	
16		351	73,16	
17		352	104,47	
18		353	87,89	
19		354	138,28	
20		355	14,35	
21		356	9,08	
22		357	68,57	
23		358	87,97	

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут
Декабрь	24	359	74,25
	25	360	111,29
	26	361	77,38
	27	362	44,16
	28	363	51,14
	29	364	90,28
	30	365	73,52
	31	366	74,25

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Месяц	Дата	День	Средняя скорость ветра на высоте флюгера, м/с/сут
Январь	1	1	4,10
	2	2	4,80
	3	3	4,80
	4	4	4,76
	5	5	3,97
	6	6	4,89
	7	7	4,79
	8	8	4,51
	9	9	4,81
	10	10	4,56
	11	11	5,39
	12	12	4,74
	13	13	4,55
	14	14	4,71
	15	15	4,13
	16	16	4,34
	17	17	4,19
	18	18	4,77
	19	19	5,13
	20	20	5,35
	21	21	5,93
	22	22	5,57
	23	23	5,19
	24	24	5,00
	25	25	5,16
	26	26	5,77
	27	27	5,40
	28	28	5,19
	29	29	5,68
	30	30	5,92
	31	31	5,98
Февраль	1	32	5,63
	2	33	5,03
	3	34	5,14
	4	35	4,97
	5	36	5,63
	6	37	6,14
	7	38	5,13
	8	39	5,96
	9	40	6,05
	10	41	5,05
	11	42	4,89
	12	43	4,84
	13	44	5,30
	14	45	5,30
	15	46	4,57
	16	47	4,72
	17	48	4,84
	18	49	4,90
	19	50	4,97
	20	51	4,80

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут
Февраль	21	52	5,09
	22	53	5,78
	23	54	5,59
	24	55	5,26
	25	56	5,47
	26	57	5,02
	27	58	5,03
	28	59	4,31
	Март	1	60
2		61	5,10
3		62	5,43
4		63	4,70
5		64	5,16
6		65	5,56
7		66	5,14
8		67	4,81
9		68	5,49
10		69	5,14
11		70	4,73
12		71	4,64
13		72	5,18
14		73	5,11
15		74	5,60
16		75	5,24
17		76	4,90
18		77	5,20
19		78	5,16
20		79	5,55
21		80	5,17
22		81	4,74
23		82	4,78
24		83	5,90
25		84	5,74
26		85	4,80
27		86	4,68
28		87	4,71
29		88	5,14
30		89	4,69
31		90	4,96
Апрель	1	91	4,99
	2	92	4,62
	3	93	4,31
	4	94	4,13
	5	95	3,99
	6	96	4,69
	7	97	5,09
	8	98	4,84
	9	99	4,63
	10	100	3,78
	11	101	3,55
	12	102	3,55

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут
Апрель	13	103	4,58
	14	104	4,99
	15	105	4,87
	16	106	4,77
	17	107	4,23
	18	108	4,74
	19	109	4,99
	20	110	5,34
	21	111	4,66
	22	112	4,20
	23	113	4,05
	24	114	4,01
	25	115	3,95
	26	116	3,62
27	117	3,88	
28	118	4,52	
29	119	3,50	
30	120	3,10	
Май	1	121	3,56
	2	122	3,52
	3	123	3,94
	4	124	4,01
	5	125	4,09
	6	126	3,87
	7	127	3,95
	8	128	4,38
	9	129	3,82
	10	130	3,43
	11	131	3,33
	12	132	4,07
	13	133	3,76
	14	134	3,84
	15	135	4,00
	16	136	3,74
	17	137	3,79
	18	138	3,64
	19	139	3,57
	20	140	3,73
	21	141	3,95
22	142	3,73	
23	143	4,08	
24	144	3,93	
25	145	4,51	
26	146	4,14	
27	147	3,23	
28	148	3,03	
29	149	3,45	
30	150	3,38	
31	151	3,79	
Июнь	1	152	3,64
	2	153	4,44

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут	
Июнь	3	154	4,09	
	4	155	3,82	
	5	156	3,99	
	6	157	3,94	
	7	158	3,68	
	8	159	3,57	
	9	160	3,34	
	10	161	3,72	
	11	162	3,54	
	12	163	3,89	
	13	164	3,97	
	14	165	3,71	
	15	166	3,69	
	16	167	3,56	
	17	168	3,75	
	18	169	3,51	
	19	170	3,36	
	20	171	3,92	
	21	172	4,27	
	22	173	4,27	
	23	174	3,82	
	24	175	3,91	
	25	176	3,62	
	26	177	3,31	
	27	178	4,28	
	28	179	3,60	
	29	180	3,23	
	30	181	3,67	
	Июль	1	182	3,67
		2	183	3,43
3		184	3,71	
4		185	3,89	
5		186	3,60	
6		187	3,90	
7		188	3,81	
8		189	3,72	
9		190	3,56	
10		191	3,38	
11		192	3,69	
12		193	3,32	
13		194	3,22	
14		195	3,56	
15		196	3,78	
16		197	3,82	
17		198	3,94	
18		199	3,58	
19		200	3,62	
20		201	3,85	
21		202	3,53	
22		203	3,41	
23		204	4,06	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут
Июль	24	205	3,92
	25	206	3,89
	26	207	3,90
	27	208	3,65
	28	209	3,64
	29	210	3,68
	30	211	3,57
	31	212	3,63
Август	1	213	4,01
	2	214	4,15
	3	215	3,90
	4	216	3,54
	5	217	3,94
	6	218	3,79
	7	219	4,10
	8	220	3,98
	9	221	4,06
	10	222	3,57
	11	223	3,33
	12	224	3,90
	13	225	3,97
	14	226	4,02
	15	227	3,57
	16	228	3,67
	17	229	3,70
	18	230	4,17
	19	231	4,19
	20	232	4,24
	21	233	3,98
	22	234	3,79
	23	235	3,46
	24	236	4,03
	25	237	3,92
	26	238	3,81
	27	239	3,81
	28	240	4,08
	29	241	4,16
	30	242	4,36
	31	243	4,00
Сентябрь	1	244	3,70
	2	245	3,92
	3	246	3,76
	4	247	3,90
	5	248	4,14
	6	249	3,96
	7	250	4,08
	8	251	3,96
	9	252	4,03
	10	253	4,22
	11	254	3,99
	12	255	4,16

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут	
Сентябрь	13	256	4,30	
	14	257	3,99	
	15	258	3,80	
	16	259	3,88	
	17	260	3,69	
	18	261	4,26	
	19	262	4,69	
	20	263	4,36	
	21	264	4,45	
	22	265	4,47	
	23	266	4,71	
	24	267	4,97	
	25	268	4,75	
	26	269	4,34	
	27	270	4,19	
	28	271	3,96	
	29	272	4,09	
	30	273	4,48	
	Октябрь	1	275	4,52
		2	276	4,64
		3	277	4,63
		4	278	4,16
		5	279	3,73
		6	280	4,13
		7	281	4,66
		8	282	4,78
		9	283	4,83
		10	284	3,75
		11	285	3,47
		12	286	4,49
13		287	4,52	
14		288	3,93	
15		289	4,08	
16		290	4,34	
17		291	4,47	
18		292	4,47	
19		293	4,28	
20		294	4,25	
21		295	4,37	
22		296	4,21	
23		297	4,49	
24		298	4,64	
25		299	4,71	
26		300	4,74	
27		301	4,42	
28		302	4,43	
29		303	3,99	
30		304	4,62	
31		305	4,56	
Ноябрь	1	306	3,89	
	2	307	4,71	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут	
Ноябрь	3	308	4,51	
	4	309	4,01	
	5	310	4,72	
	6	311	5,13	
	7	312	4,21	
	8	313	4,65	
	9	314	5,13	
	10	315	5,06	
	11	316	4,17	
	12	317	4,37	
	13	318	4,15	
	14	319	4,22	
	15	320	4,43	
	16	321	4,48	
	17	322	4,24	
	18	323	4,61	
	19	324	4,22	
	20	325	5,09	
	21	326	4,57	
	22	327	4,89	
	23	328	4,93	
	24	329	4,55	
	25	330	4,68	
	26	331	4,62	
	27	332	4,26	
	28	333	4,74	
	29	334	4,49	
	30	335	5,03	
	Декабрь	1	336	5,27
		2	337	5,88
3		338	5,52	
4		339	4,73	
5		340	5,41	
6		341	5,23	
7		342	4,94	
8		343	4,94	
9		344	4,85	
10		345	5,05	
11		346	4,38	
12		347	4,24	
13		348	4,72	
14		349	4,80	
15		350	4,21	
16		351	4,56	
17		352	5,74	
18		353	4,94	
19		354	4,96	
20		355	5,44	
21		356	4,77	
22		357	5,04	
23		358	4,92	

Месяц	Дата	День	Удельная мощность ветрового потока, Вт/м ² /сут
Декабрь	24	359	4,94
	25	360	5,01
	26	361	5,19
	27	362	5,11
	28	363	4,54
	29	364	5,29
	30	365	4,86
	31	366	4,59