атмосферы дымовыми газами на сегодняшний день являются предприятия энергетической сферы – тепловые электростанции и котельные, работающие на ископаемом топливе: каменном угле, природном газе, мазуте и т.д.

Кроме того, дымовые газы выбрасывают нефтяные факелы, сжигающие попутный газ, промышленные предприятия и автотранспорт с двигателем внутреннего сгорания.

Универсального метода очистки воздуха от дыма и прочих типов загрязнения не существует, поэтому приходится комбинировать методы для достижения максимального эффекта.

1. Рязанцева А.В., Лукашина Г.В. Глобальное изменение климата. Учебно-методическое пособие / Москва, 2008.
2. Очистка дымовых газов от оксидов серы: вестник СБГИУ / Сибирский государственный индустриальный ун-т; [под ред. Е.П. Волынкина]. – Новокузнецк: Изд-во ФГБОУ ВО «СБГИУ», 2014. – С. 33–36.
3. <http://www.unece.org/info/ece-homepage.html> (дата обращения: 04.03.2021).
4. www.chem21.info (дата обращения: 04.03.2021).
5. <https://ru-ecology.info> (дата обращения: 14.10.2019)
6. Нечаева М.В. Анализ методов очистки дымовых газов от диоксида серы при термической утилизации бурового шлама // Системы контроля окружающей среды – 2016 – Вып. 4 (24). – с.142–147.
7. Ушакова Т.В. Механизм очистки дымовых газов от оксидов серы // Студенческий: электрон. научн. журн. 2019. № 17(61). URL: <https://sibac.info/journal/student/61/140221> (дата обращения: 10.01.2021).
8. Лапшина А.В., Гуюмджян П.П., Лапшин В.Б. Устройство для улавливания пыли и вредных газов. Патент на изобретение RU 2201279 C2, 27.03.2003. Заявка № 2000114626/12 от 08.06.2000.
9. Рязанцева А.В. Использование дезинтеграторной технологии для интенсификации процессов в гетерогенных системах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иваново, 2003.
10. Лапшин В.Б., Колобов М.Ю., Колобова В.В., Рязанцева А.В. Применение дезинтегратора в различных технологиях. Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2004. Т. 47. № 8. С. 71–75.

Бутаков С.В., Хвиюзов М.А., Автухов С.С.

Оценка потенциала солнечной энергии в условиях Крайнего Севера

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
(Россия, Архангельск)*

doi: 10.18411/lj-04-2021-284

Аннотация

В работе представлены результаты анализа потенциала солнечной энергии в условиях Крайнего Севера на примере города Архангельска. Определены средние величины солнечной инсоляции за сутки и за месяц, среднемесячные значения количества солнечных часов за сутки, показатели облачности, значения солнечной инсоляции в разные временные интервалы в течение дня и с разным углом наклона солнечных модулей к горизонту.

Ключевые слова: солнечная инсоляция, облачность, энергия солнца, фотоэлектрический модуль, Крайний Север.

Abstract

The paper presents the results of the analysis of the potential of solar energy in the Far North on the example of the city of Arkhangelsk. The average values of solar insolation per day and per month, average monthly values of the number of sunny hours per day, cloudiness

indices, values of solar insolation at different time intervals during the day and with different tilt angles of solar modules to the horizon were determined.

Key words: solar insolation, cloudiness, solar energy, photovoltaic module, the Far North.

Количество электромагнитной энергии солнца, поступающей в верхние слои атмосферы, примерно одинаково в любой точке земного шара. Однако до поверхности земли из-за малого угла падения солнечных лучей в северных широтах доходит меньшее количество солнечной энергии. Кроме того, в условиях Арктической Зоны РФ надо учитывать малое количество солнечных дней (за исключением некоторых регионов, например Республика Алтай), наличие длительной зимы с короткими световыми днями, преимущественную облачность. Чтобы определить перспективы использования энергии солнца в условиях Крайнего Севера, обозначить состав оборудования и задать эффективные режимы работы солнечных электростанций, необходимо провести оценку потенциала солнечной энергии в условиях Крайнего Севера по различным параметрам солнечного излучения и фотоэлектрической системы.

Оценка потенциала солнечной энергии была проведена для города Архангельска, находящегося в Арктической Зоне РФ ($64^{\circ} 32'$ с. ш. и $40^{\circ} 31'$ в. д.). В Архангельске присутствует прохладное и короткое лето, продолжительная холодная зима с морозами до -40°C . Средняя по месяцам максимальная температура наблюдается в июле – $21,9^{\circ}\text{C}$.

Данные по солнечной инсоляции с учетом облачности взяты из базы данных Meteoporm, усредненные за 19 лет периода наблюдений [1]. Данный источник содержит информацию о среднесуточных и среднемесячных значениях полного, прямого и рассеянного солнечного излучения, поступающего на горизонтальную или произвольно ориентированную поверхность. Проводился анализ данных по среднемесячной дневной полной инсоляции на горизонтальную поверхность, ориентированную на юг, в городе Архангельске. Анализ данных показал следующие результаты: минимальная солнечная инсоляция составила $0,09 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{сутки}$ для декабря, максимальная инсоляция – $8,08 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{сутки}$ для июня. Исходя из анализа данных о суммарной солнечной радиации по результатам актинометрических наблюдений, видно, что целесообразно использовать солнечную энергию для электроснабжения в качестве альтернативного источника в течение шести месяцев с апреля по сентябрь. На рис. 1 показано распределение суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации по месяцам в течение года для Архангельска.

Рис. 1. Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{месяц}$, по данным актинометрических наблюдений

Проведен анализ по среднемесячному количеству солнечных часов за сутки, который показал, что наибольшее количество солнечных часов за сутки наблюдается в июле 12,6 часа, наименьшее – в декабре 0,7 часа (рис. 2). На этот показатель влияет длина светового дня и облачность в дневное время. Для более точной оценки потенциала солнечной энергии проведен анализ облачности в Архангельске. На рис. 3 представлено распределение пасмурных, облачных и солнечных дней по месяцам в году. Из диаграммы видно, что наибольшее количество солнечных дней, как и облачных, наблюдается в июле, наибольшее количество пасмурных дней в декабре и январе.

Рис. 2. Распределение среднесуточного количества солнечных часов по месяцам

Рис. 3. Распределение пасмурных, облачных и солнечных дней по месяцам

Для анализа потока солнечной энергии в течение года на горизонтальную поверхность с учетом облачности были использованы данные архива NASA SSE (NASA Surface meteorology and Solar Energy), усредненные за 30 лет (январь 1984 г. - декабрь 2013 г.) [2]. Используя данный архив, получена информация о солнечной инсоляции на горизонтальную площадку в разные временные интервалы в течение дня (через 3 часа). На рис. 4 представлены графики распределения инсоляции, усредненные по месяцам в 9, 12 и 15 часов дня для города Архангельска.

Проведен анализ данных для города Архангельска о поступлении солнечной энергии на плоскую поверхность с углом наклона к горизонту от 0° до 90° и направленную на юг. Использовались данные по солнечной инсоляции из специализированной программы Meteonorm с 1991 по 2013 годы. Результаты анализа показали, что наибольшее количество суммарной солнечной энергии за год получается

при установке панелей под углом 45° к горизонту и составляет $1529 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год. При этом наибольшее количество солнечной энергии в течение года наблюдается в июне и июле – $244 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Максимальное количество солнечной энергии за сутки, усредненное по месяцам, поступающее на поверхность, расположенную под углом 45° к горизонту, наблюдается в июне – $8,14 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в сутки.

Проведен анализ поступления прямой солнечной инсоляции за сутки в среднем по месяцам в городе Архангельске при горизонтальном расположении панелей, при расположении солнечных панелей под углом широты местности на юг (64°), при слежении за солнцем по одной и по двум осям. В результате для июня получены следующие данные по солнечной инсоляции: горизонтальное расположение – $5,54 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, под углом 64° – $5,02 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, слежение за солнцем по одной оси – $7,35 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, слежение за солнцем по двум осям – $8,89 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. В среднем за год получены следующие данные по прямой инсоляции за сутки: горизонтальное расположение – $2,29 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, под углом 64° – $2,78 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, слежение за солнцем по одной оси – $3 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, слежение за солнцем по двум осям – $4,13 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Видно, что наиболее эффективно использование системы слежения за солнцем по двум осям.

Рис. 4. Солнечная инсоляция неба на горизонтальную поверхность в 9, 12 и 15 часов дня ($\text{Вт}/\text{м}^2$)

Для проверки изложенных результатов оценки потенциала солнечной энергии в Архангельске были проведены эксперименты в разных режимах работы на солнечной станции установленной мощностью 1200 Вт, находящейся в Учебно-научном центре энергетических инноваций (УНЦЭИ) Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Шесть солнечных модуля по 200 Вт установлены под углом 70° к горизонту на юг. Исследования проводились в июле. В солнечный день в среднем солнечные модули вырабатывали $4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ электроэнергии (с

8.00 до 16.00) [3]. С учетом КПД и площади поверхности модулей данная выработка энергии соответствует вышеизложенным результатам.

Оценка потенциала солнечной энергии для районов Крайнего Севера (на примере г. Архангельска) показала, что фотоэлектрические модули целесообразно использовать в летние месяцы (июнь, июль) при использовании системы слежения за солнцем по двум осям (в среднем за июль 8 – 9 кВт·ч/м² за сутки). С ноября по февраль использование солнечных электростанций малоэффективно.

1. Meteonorm software [Электронный ресурс]: meteonorm.com - Электрон. дан. – Режим доступа: www.meteonorm.com, свободный – Загл. с экрана – Яз. англ.
2. NASA Surface meteorology and Solar Energy [Электронный ресурс]: eosweb.larc.nasa.gov – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>, свободный – Загл. с экрана – Яз. англ.
3. Бутаков, С.В. Эффективность режимов работы фотоэлектрических модулей в условиях Арктической зоны / С.В. Бутаков, А.С. Червочков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 59–67. DOI: 10.14529/power180407.

Васильев С.А.¹, Тихонов Н.Ф.¹, Петров А.А.²

Судовые энергетические установки (СЭУ)

¹ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»

²ФГБОУ ВО «ЧГПУ им. И. Я. Яковлева»

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/lj-04-2021-285

Аннотация

В статье раскрыто понятие судовых энергетических установок, проблемы разработки новых методов и технологий для снижения выбросов, экономии топлива. Проанализированы основные элементы энергетических установок и требования к ним.

Ключевые слова: судовые энергетические установки, элементы энергетических установок, электрическая энергия, двигатель, электроэнергетические системы.

Abstract

The article reveals the concept of ship power plants, the problem of developing new methods and technologies to reduce emissions, fuel economy. The main elements of power plants and their requirements have been analyzed.

Key words: ship power plants, elements of power plants, electric energy, engine, electric power systems.

Постановка проблемы. Растущая грузоподъемность и скорость современных судов, высокий уровень энергонасыщенности объектов транспортного флота приводит к росту мощности судовых электроэнергетических систем, которое за последнее десятилетие выросло в полтора-два раза. Отношение мощности установленного электрооборудования к дедвейту судна, рассматривается как степень его электрификации, что имеет тенденцию к росту. В настоящее время на каждую тысячу тонн водоизмещения судна проектируют в среднем электрооборудования номинальной мощностью 160-170 кВт. На каждую тысячу киловатт мощности пропульсивной установки приходится 170-180 кВт мощности электрогенераторов и в среднем около 300 кВт мощности установленного электрооборудования.

Цель статьи – раскрыть понятие судовых энергетических установок и особенности их функционирования.

Международная морская организация внесла поправки в свою конвенцию МАРПОЛ 1973 года Приложением VI в отношении загрязнения воздуха с судов; это