

УДК 621.311.25

### РАЗМЕЩЕНИЕ ПЛАВУЧЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА СОРОЧИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

*Ю.А. Миронова, Е.В. Хаустова*

Обосновывается целесообразность размещения плавучей солнечной электростанции на Сорочинском водохранилище Оренбургской области. Описано строение, перечислены достоинства и недостатки станции. К первым относится экономия земли, что делает применение оборудования особенно актуальным для Оренбуржья. С целью минимизации экологического ущерба выявлены места обитания встречающихся здесь рыб, предложена безопасная область для строительства станции. В качестве потребителя электроэнергии выбран посёлок Октябрьский, находящийся на берегу водоёма. Произведён расчёт необходимой мощности солнечной станции. Получены следующие параметры: мощность 3,3 МВт, занимаемая площадь 0,071 км<sup>2</sup>, число модулей 13200. Строительство такой солнечной электростанции позволит освободить землю под нужды сельского хозяйства и обеспечит дополнительной электроэнергией.

*Ключевые слова:* альтернативная энергетика; солнечная энергия; плавучая станция; водоём; расчёт мощности.

---

### СОРОЧИНСК СУУ САКТАГЫЧЫНДА КАЛКЫМА КҮН ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯСЫН ЖАЙГАШТЫРУУ

*Ю.А. Миронова, Е.В. Хаустова*

Оренбург облусунун Сорочинск суу сактагычында калкыма күн электростанциясын жайгаштыруунун максатка ылайыктуулугу негизделет. Станциянын курулушу сүрөттөлөт, артыкчылыктары жана кемчиликтери саналат. Биринчисине жерди экономдоо кирет, муну өзү Оренбуржья үчүн жабдууларды колдонуунун өзгөчө актуалдуулугун белгилейт. Экологиялык чыгымды минималдаштыруу максатында бул жерде кездешкен балыктардын жашаган жерлери аныкталып, станцияны куруу үчүн коопсуз облус сунушталат. Электр энергиясын колдонуучу катары суунун жээгинде жайгашкан Октябрь айылы тандалып алынды. Күн станциясынын зарыл болгон кубаттуулугу эсептелди. Төмөнкү параметрлер алынды: кубаттуулугу 3,3 МВт, ээлеген аянты 0,071 км<sup>2</sup>, модулдардын саны 13200. Ушундай күн электр станциясын куруу жерди айыл чарба муктаждыктары үчүн бошотууга мүмкүндүк берет жана кошумча электр энергиясы менен камсыз кылат.

*Түйүндүү сөздөр:* альтернативдүү энергетика; күн энергиясы; калкыма станция; көлмө; кубаттуулугун эсептөө.

---

### PLACEMENT OF A FLOATING SOLAR POWER PLANT ON THE SOROCHINSKY RESERVOIR

*Yu.A. Mironova, E.V. Haustova*

This article suggests placing a floating solar power plant on one of the reservoirs of the Orenburg region. The structure of such a station is described. Its advantages and disadvantages are also listed. The first includes saving land, which makes the use of equipment especially relevant for Orenburg Region. In order to achieve minimal environmental damage, the habitats of fish found here have been identified, and a safe area for the construction of the station has been proposed. The village of Oktyabrsky, located on the coast of a reservoir, was chosen as a consumer of electricity. The calculation of the required power of the solar station was made. The following parameters were obtained: power 3.3 MW, area 0.071 km<sup>2</sup>, number of modules 13200. Thanks to the construction of such a solar power plant, it will be possible to free up land for agricultural needs and get additional electricity.

*Keywords:* alternative energy; solar energy; the floating power plant; reservoir; power calculation.



Рисунок 1 – Плавающая солнечная электростанция

В настоящее время очень активно развивается солнечная энергетика. Мировыми лидерами по использованию этого возобновляемого источника являются Китай и Япония. И они первыми ввели в эксплуатацию плавающую солнечную электростанцию (плавающую СЭС). Применение данного оборудования достаточно перспективно, так как позволяет экономить земельные ресурсы [1, 2]. В России регионом, обладающим большим потенциалом в сфере альтернативной энергетики, считается Оренбургская область. Здесь уже работают наземные солнечные электростанции. Поскольку на территории региона расположено несколько водохранилищ, это даёт возможность построить и плавающую СЭС.

В данной статье произведен расчёт такой электростанции для обеспечения объекта на берегу Сорочинского водохранилища. Применение таких солнечных панелей особенно актуально в Оренбуржье, так как это позволяет использовать больше земли для сельскохозяйственных нужд.

Плавающая СЭС представляет собой совокупность большого количества плавучих модулей, сделанных из полиэтилена высокой плотности. На них располагаются фотоэлектрические панели. Между собой блоки скрепляются посредством специальных анкеров. Между блоками располагаются поплавок-вставки без панелей. Также они размещаются и по краям для защиты от ударов и колебаний (рисунок 1).

Станция частями собирается на берегу и постепенно перемещается на воду. Далее её транспортируют к необходимому месту, где закрепляют с помощью якорей, а к потребите-

лю протягивают кабель. Такая станция может легко масштабироваться в зависимости от необходимой мощности. Стоит заметить, что при таком расположении фотоэлектрических модулей и поплавковых камер между ними вглубь водоёма проникает достаточно мало света. Это стоит учитывать при прогнозировании экологического влияния оборудования на окружающую среду [3].

Выясним, какими преимуществами и недостатками обладает данный тип электростанции. Неоспоримым преимуществом является экономия земли. Это особенно важно для стран с достаточно маленькой территорией и большой плотностью населения. Чаще всего такие панели размещаются на водоёмах, образованных в старых угольных или песчаных карьерах. Также предлагается располагать их вблизи гидроэлектростанций. Ещё одним преимуществом является увеличение коэффициента полезного действия (КПД) плавучих фотоэлектрических модулей. Достигается это за счет отражения солнечных лучей от водной поверхности, благодаря чему на панели попадает больше света. Также увеличению эффективности способствует охлаждение модулей. При температуре выше 25 °С КПД установки снижается. Испарение воды с поверхности водоёма помогает охладить агрегат до более приемлемой температуры. Плавающие СЭС не наносят вреда качеству воды. Их можно располагать на водоёмах очистных сооружений, водохранилищах, ирригационных системах. К тому же тень, отбрасываемая установкой, препятствует развитию водорослей. Как и наземная станция, плавающая занимает большую площадь. Она достаточно плотно покрывает водное пространство, отведённое для её размещения. Такая “плёнка” препятствует быстрому испарению влаги и пересыханию водоёма. Также в местах расположения плавучих СЭС меньше пыли, благодаря чему панели меньше загрязняются.

Несмотря на многочисленные преимущества, есть и недостатки. Во-первых, подобные установки нельзя использовать для бытовых нужд, например, для снабжения электричеством одного дома. Намного проще для этого закрепить солнечные батареи на крыше или фасаде строения. Также, по данным некоторых учёных, в эксплуатируемых водоёмах температура воды

становится выше. Это может нарушить сформировавшуюся там экосистему и повредить ее обитателям.

Сорочинское водохранилище создано в 1997 году. Его построили для обеспечения водопотребления нефтепромыслов близлежащих районов и других потребителей. Оно также используется для обеспечения минимального необходимого среднемесячного расхода воды в засушливые годы, защищает от паводков населённые пункты, лежащие ниже по течению реки Самары. На берегах водоёма любят отдыхать туристы, многие занимаются рыболовством. Наибольшая глубина водохранилища 12,8 м, средняя – 1–3,6 м. Площадь искусственного бассейна составляет 35,56 км<sup>2</sup> (рисунок 2).

Непосредственно на берегу водохранилища располагается посёлок Октябрьский (население 562 человека, 201 дом). В некотором отдалении находится посёлок Родинский (1286 человек, 295 домов<sup>1</sup>) а также окраина города Сорочинска. Для отдыха у береговой линии развёрнуто несколько баз отдыха.

В водоёме обитают различные виды рыб: щука, окунь, карп, сом, судак, налим, лещ, краснопёрка. Приведём характеристику мест, где они предпочитают находиться, чтобы определить, какие части водохранилища наиболее ценны в целях рыболовства (таблица 1).

Таблица 1 – Места обитания некоторых видов рыб

Вид рыбы	Предпочтительное место обитания
Щука	Кромки водной растительности, места на границе тихой заводи и течения
Окунь	Возле дна (чем дальше от берега, тем чаще встречается), возле растительности
Карп	Небольшие, но полноводные заводи с илистым дном, обильной растительностью
Сом	Ямы, места скопления брёвен.
Судак	Чистое песчаное дно на больших глубинах, ямы, захламлённые участки
Налим	Углублённые водоёмы с перепадами течения
Лещ	Близ подводных лощин
Краснопёрка	Небольшие водоёмы с тихим течением

<sup>1</sup> По данным на 08.11.2018 г.



Рисунок 2 – Снимок Сорочинского водохранилища со спутника

Согласно полученным данным, наиболее благоприятными являются не очень большие углубления с маленьким течением и обильной растительностью на дне. Сюда относятся прибрежные заросли камыша и заболоченная местность. Используя эти данные применительно к Сорочинскому водохранилищу, можно сделать вывод, что для рыболовства особенно подходят области около впадения в водоём рек Самара и Большой Уран.

Определено место, где на территории искусственного бассейна целесообразно расположить плавучую СЭС без вреда для туризма и экологии. Чтобы не нанести ущерба обитателям, необходимо стремиться к минимальным изменениям в их экологической среде. Также недопустимо использовать всю водную поверхность. Следует учесть и то обстоятельство, что станция не должна быть расположена вблизи баз отдыха, поскольку панели станции будут существенно изменять ландшафт, открывающийся с берегов, а он должен оставаться естественным и привлекательным.

Общая площадь водохранилища, как было отмечено, составляет 35,56 км<sup>2</sup>. Примем минимальную территорию для расположения солнечной станции равной территории, занимаемой наземной СЭС “Уран” (предположительно минимально необходимой для обеспечения какого-либо потребителя). Она равна 1,2 км<sup>2</sup>. Пусть максимальная допустимая площадь объекта составляет 3,5 км<sup>2</sup>, что эквивалентно десятой части от поверхности водоёма. Данное ограничение позволит сохранить параметры водной среды искусственного бассейна на столько, насколько



Рисунок 3 – Область, на которой допустимо строительство СЭС (выделена красным)

это возможно. Таким образом, допустимая площадь плавучей СЭС изменяется от 1,2 до 3,5 км<sup>2</sup>.

Анализ расположения различных построек на берегу водохранилища и его рельеф позволил предложить следующее размещение станции. На рисунке 2 видно, что возле отметки 1352 км находятся базы отдыха, 1354 км – посёлок Октябрьский. Северо-восточная и юго-восточная части водоёма представляют собой неглубокие болотистые области с обильной растительностью. Их необходимо сохранить, так как здесь чаще всего встречается рыба. Таким образом, можно выделить территорию в восточной половине водохранилища, не используя при этом прибрежное пространство (рисунок 3).

Такой выбор позволит скрыть станцию из зоны видимости людей, находящихся на базах отдыха и пляжах. Также будут сохранены места обитания рыб. Расположение удобно тем, что при непосредственной близости посёлка Октябрьский будет проще организовать наблюдение за оборудованием и его обслуживание.

Выберем в качестве потребителей электроэнергии жителей данного населённого пункта. Проведём расчёт необходимой мощности [4]. Для этого узнаем значение искомой величины для одного дома в среднем, а затем умножим на количество построек.

Расчёт мощности на освещение:

$$P_{\text{лампы}} = 0,04 \text{ кВт}, n_{\text{л}} = 5, n_{\text{к}} = 6,$$

$$P_{\text{осв.}} = n_{\text{л}} \times n_{\text{к}} \times P_{\text{лампы}}, P_{\text{осв.}} = 5 \times 6 \times 0,04 = 1,2 \text{ кВт}.$$

Здесь  $P_{\text{лампы}}$  – мощность одной лампы;  $n_{\text{л}}$  – количество ламп в одной комнате;  $n_{\text{к}}$  – число

комнат;  $P_{\text{осв.}}$  – мощность, необходимая для освещения одного дома.

Учтём мощность некоторых бытовых приборов:

- розеточное место 0,1 кВт;
- холодильник 0,5 кВт;
- электроплита 4 кВт;
- кухонная вытяжка 0,3 кВт;
- чайник 2,3 кВт;
- стиральная машина 1,5 кВт;
- духовой шкаф 1,2 кВт;
- котёл газовый 0,2 кВт;
- телевизор 0,4 кВт;
- компьютер 0,9 кВт.
- мощность розеток:

$$P_{\text{розетки}} = 0,1 \text{ кВт},$$

$$n_{\text{р}} = 2,$$

$$P_{\text{роз.}} = n_{\text{р}} \times n_{\text{к}} \times P_{\text{розетки}},$$

$$P_{\text{роз.}} = 2 \times 6 \times 0,1 = 1,2 \text{ кВт}.$$

Здесь  $P_{\text{розетки}}$  – мощность одного розеточного места;  $n_{\text{р}}$  – количество розеток в одной комнате;  $P_{\text{роз.}}$  – общая мощность всех розеток в доме.

Тогда для всего дома:

$$P_{\text{д}} = P_{\text{осв.}} + P_{\text{роз.}} + P_{\text{приб.}};$$

$$P_{\text{приб.}} = 0,5 + 4 + 0,3 + 2,3 + 1,5 + 1,2 + 0,2 + 0,4 + 0,9 = 11,3 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{д}} = 1,2 + 1,2 + 11,3 = 13,7 \text{ кВт}.$$

Всего в посёлке 201 дом, то есть общая мощность составляет 2753,7 кВт. Чтобы обеспечить пиковый запас системы добавим 20 % от полученного значения:

$$P_{\text{потр.}} = 1,2 \times 2753,7 = 3304,44 \text{ кВт} = 3,3 \text{ МВт}.$$

Таким образом, мы рассчитали мощность, необходимую для электроснабжения посёлка Октябрьский.

Будем считать, что используются такие же фотоэлектрические панели, как и на плавучей СЭС в городе Хуань (Китай). Станция занимает 0,86 км<sup>2</sup>, состоит из 160 тысяч фотомодулей. Её мощность равна 40 МВт. Тогда для одной панели:

$$P_{\text{панели}} = 40 \div 160 = 0,25 \text{ кВт}.$$

Рассчитаем необходимое нам число солнечных батарей:

$$N = 3300 \div 0,25 = 13200.$$

Методом пропорции найдём приблизительную площадь, которую будет занимать станция:

$$S = \frac{3200 \times 0,86}{160000} = 0,071 \text{ км}^2.$$

Полученное значение оказалось меньше, чем ранее предполагаемая минимальная площадь. Следовательно, экологические последствия после строительства плавучей электростанции будут ещё менее ощутимы. СЭС может работать для общей сети. В летнее время она способна полностью обеспечить выбранного потребителя, однако зимой её эффективность будет снижаться, и может возникнуть необходимость в дополнительной энергии.

В результате проведённых расчётов были получены параметры плавучей солнечной электростанции на Сорочинском водохранилище. Её мощность составляет 3,3 МВт, площадь – 0,071 км<sup>2</sup>, число модулей – 13200. Расположение выбрано так, чтобы не нанести ущерб туристическому отдыху и рыболовству. Строительство подобных объектов достаточно целесообразно

для развития альтернативной энергетики. Запуск станции позволит вырабатывать больше электричества безвредным для окружающей среды способом и экономить ценные земельные ресурсы.

#### *Литература*

1. *Дубовец Д.Л.* Плавучие солнечные и надводные ветряные электростанции как перспективные направления реализации технологий альтернативной энергетики / Д.Л. Дубовец // Проблемы науки. 2018. № 7 (31). С. 23–25.
2. *Аминов Р.Р.* Эффективность использования плавучих солнечных электростанций в Великобритании / Р.Р. Аминов, А.Т. Галияхметова // Наука и образование: новое время. 2018. № 5 (28). С. 72–74.
3. *Китаев Р.М.* Экологическая эффективность плавучей солнечной электростанции / Р.М. Китаев // Студенческий вестник. 2020. № 20-13 (118). С. 79–80.
4. *Бекиров Э.А.* Основные этапы расчёта параметров солнечной электростанции / Э.А. Бекиров, Л.Д. Сокут // Альтернативная энергетика и экология. 2013. №17 (139). С. 29–35.