

УДК 620

**ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ  
ЭНЕРГЕТИКИ  
THE PROBLEM OF DISPOSAL OF ALTERNATIVE ENERGY  
EQUIPMENT**

В.С. Вадейко, В.Н. Коршун

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, доцент  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
ef@bntu.by

V. Vadeyko, V. Korshun

Supervisor – Yu. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

***Аннотация:** «Зеленую» энергию выбирают многие страны, города, компании. Человечество учится использовать альтернативные источники энергии, но не знает, как правильно утилизировать оборудование, предназначенное для её получения. В данной работе были рассмотрены примеры утилизации лопастей ветротурбин и солнечных панелей.*

***Abstract:** Many countries, cities, and companies choose "green" energy. Humanity is learning to use alternative energy sources, but does not know how to properly dispose of the equipment intended for its production. In this paper, examples of utilization of wind turbine blades and solar panels were considered.*

***Ключевые слова:** альтернативная энергетика, ветротурбина, лопасти, солнечные батареи, утилизация.*

***Keywords:** alternative energy, wind turbine, blades, solar panels, recycling.*

### **Введение**

В последние годы альтернативная энергетика активно развивается. Нарастание мощностей происходит за счет сооружения новых ветропарков и расширения уже существующих, а также за счет увеличения количества солнечных электростанций. На фоне этих процессов возникает вопрос о том, как следует поступать с уже отработавшими установками и их элементами.

### **Основная часть**

Средний срок эксплуатации первых солнечных модулей и ветротурбин составляет 25-30 лет. Введенные в 1990-х годах в эксплуатацию установки уже сейчас подлежат замене. В результате электронные элементы солнечных батарей и композитные материалы лопастей ветровых турбин, которые сейчас не перерабатываются в производственных масштабах, зачастую подлежат захоронению на своего рода свалках.

Международное агентство по возобновляемым источникам энергии, а также исследовательский проект Re-Wind прогнозируют, что 2050-му году достигнет своего конца службы 78 миллионов метрических тонн солнечных панелей, что соответствует 6 миллионам метрических тонн отработанных электронных

материалов, а также будут подлежать утилизации 40 миллионов тонн композитных материалов лопастей ветротурбин [3].

Причины трудностей, возникающих при утилизации и переработке отработавшего оборудования схожи для солнечной и ветроэнергетики.

При переработке солнечных панелей возникает необходимость использования нестандартных для электроники методов переработки. В основном в качестве полупроводника в солнечных батареях используется кремний. Кремниевые кристаллы в каждой ячейке покрываются тонкими полосками серебра или другого металла. По этим каналам передается электричество в медную проводку панели. При переработке панели часто основное внимание уделяют извлечению из панелей алюминия и меди, в то время как кремниевые пластины и остальные материалы попросту перемалываются. Данный способ переработки малоэффективен.

Кроме перечисленных материалов при производстве солнечных панелей используются токсичные вещества, что также усложняет процессы утилизации или переработки.

Трудоемким является процесс разборки многослойной конструкции, защищающей элементы солнечной батареи от воздействия окружающей среды. Эта конструкция состоит из защитной пленки прозрачного пластика, слоев стекла и пластика и алюминиевой рамки. В результате основной проблемой является разделение компонентов конструкции для эффективной переработки.

Утилизация ветротурбины по большей части не вызывает трудностей. 85-90% от общей массы турбины подлежат утилизации. Оставшуюся часть составляют лопасти. Трудности утилизации лопастей обусловлены содержанием в них сложных композиционных материалов – комбинации армированных углеродных или стеклянных волокон и полимерной матрицы. Такая конструкция позволяет добиться оптимального соотношения прочности и массы лопасти, однако затрудняет переработку, поскольку, в отличие от термопластов, сшитые полимеры нельзя плавить. В связи с этим возникает необходимость разработки эффективных методов переработки.

Несмотря на перечисленные сложности, уже имеются способы переработки лопастей ветротурбин и солнечных панелей, а также инновации, устраняющие ранее имевшиеся проблемы из процесса переработки. Так для переработки лопастей возможно использование методов механической рециркуляции, сольволиза и пиролиза, а также фрагментации высоковольтным импульсом. Однако в данном случае существует проблема, состоящая в сужении области применения полученных после переработки полимерных материалов, качество которых более низкое, чем у исходного материала. Кроме того, переработка не осуществляется в производственных масштабах [3].

С целью оптимизации переработки солнечных панелей французская компания Veolia стала использовать роботов, назначение которых состоит в разделении частей кремниевых солнечных панелей для вторичной переработки.

В 2021 году компания Siemens Gamesa Renewable Energy разработала перерабатываемые лопасти для ветрогенераторов RecyclableBlade. В процессе утилизации лопасть погружается в специальный раствор, в котором происходит

ее распад на первичные материалы. Смола, использовавшаяся при производстве лопасти, растворяется в растворе. Полученные при переработке материалы можно комбинировать с клеями и прессовать в огнестойкие и влагостойкие композитные панели [4].

Филиал компании General Electric, занимающийся вопросами о возобновляемых источниках энергии, по договоренности с производителем цемента Holcim используют при производстве бетона композитные материалы лопастей. В результате замены части цементного сырья и использования оставшихся после переработки органических соединений в качестве топлива, выбросы углекислого газа при производстве цемента сокращаются на 27%, а чистое снижение потребления воды составляет 13%.

Для того чтобы сделать лопасти ветротурбин пригодными для вторичной переработки, французская компания Arkema предложила изготавливать лопасти с использованием термопластических смол. Экспериментальная лопасть была изготовлена из стекловолокна и метакрилатной смолы, которую можно расплавлять и перерабатывать.

### **Заключение**

Доля солнечной и ветровой энергетики в мировом энергетическом балансе составляет примерно 11% и продолжает стабильно расти. Установленная мощность солнечной энергетики в 2022 году составила 1185 ГВт [1], ветровой энергетики – 837 ГВт [2]. Эти показатели, а также нацеленность производителей электроэнергии на дальнейшее развитие альтернативной энергетики обуславливает актуальность вопроса утилизации отработавшего оборудования сейчас и в ближайшем будущем.

### **Литература**

1. Солнечные электростанции. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://renew.ru/v-2022-godu-v-mire-bylo-ustanovleno-240-gvt-solnechnyh-elektrostantsij/>. Дата доступа: 18.04.2023.
2. Возобновляемая энергетика. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://www.m.eprussia.ru/news/base/2022/9324778.htm/>. Дата доступа: 18.04.2023.
3. Проблемы утилизации отработанного оборудования зелёной энергетики. -Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/mvideo/articles/599687/>. Дата доступа: 20.04.2023.
4. Утилизация лопастей турбин: ахиллесова пята ветроэнергетики. -Режим доступа: <https://compositeworld.ru/articles/market/id61a108718606de0019d9207f>. Дата доступа: 25.04.2023.