

**ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ В АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**  
**PROBLEMS OF RECYCLING AND DISPOSAL OF COMPOSITE  
MATERIALS IN AIRCRAFT STRUCTURES**

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные проблемы утилизации и переработки композиционных материалов, применяемых в авиационных конструкциях. Проанализированы причины сложности переработки композитов, их влияние на окружающую среду и существующие методы утилизации. Отдельное внимание уделено перспективным направлениям переработки авиационных композитов и необходимости развития нормативной базы в данной области.

**Abstract.** The article examines the key challenges of disposing of and recycling composite materials used in aircraft structures. The reasons behind the complexity of recycling composites, their environmental impact, and existing disposal methods are analyzed. Special attention is given to promising directions for recycling aviation composites and the need to develop a regulatory framework in this area.

**Ключевые слова:** Композиционные материалы, авиационные конструкции, утилизация, переработка, экология, отходы.

**Keywords:** Composite materials, aircraft structures, disposal, recycling, ecology, waste.

### **Введение**

В последние десятилетия композиционные материалы получили широкое распространение в авиационной промышленности. Это связано с их высокими прочностными характеристиками, малой массой, коррозионной стойкостью и возможностью формования сложных конструкций. В современных самолетах доля композитов в конструкции планера постоянно растёт, что позволяет снизить массу воздушного судна и повысить его топливную эффективность.

Однако наряду с преимуществами возникает серьёзная проблема, связанная с окончанием срока службы авиационной техники. Композиционные материалы значительно сложнее поддаются утилизации и переработке по сравнению с традиционными металлическими сплавами. Это приводит к накоплению трудноразлагаемых отходов и создаёт дополнительную нагрузку на окружающую среду.

Целью данной статьи является рассмотрение основных проблем переработки авиационных композиционных материалов, анализ существующих методов утилизации и оценка перспектив развития данной области.

### **Особенности применения композиционных материалов в авиации**

Композиционные материалы представляют собой сочетание двух или более компонентов, отличающихся по своим физико-химическим свойствам. В авиации наибольшее распространение получили полимерные композиционные материалы, армированные углеродными, стеклянными или арамидными волокнами [1].

Основными причинами активного использования композитов в авиационных конструкциях являются:



- 
- снижение массы конструкции;
  - высокая удельная прочность и жёсткость;
  - устойчивость к усталостным нагрузкам;
  - коррозионная стойкость.

Наиболее часто композиты применяются при изготовлении элементов крыла, фюзеляжа, хвоста и внутренних конструктивных элементов самолёта. Однако сложная структура таких материалов становится серьёзным препятствием при их переработке после вывода самолёта из эксплуатации.

### **Основные проблемы утилизации композиционных материалов**

Главной проблемой утилизации авиационных композитов является их многокомпонентная структура. Полимерная матрица и армирующие волокна прочно связаны между собой, что затрудняет их разделение и повторное использование [2].

К основным трудностям относятся:

- невозможность полной переработки без разрушения структуры материала;
- высокие энергозатраты при переработке;
- потеря прочностных характеристик вторичного материала;
- отсутствие развитой инфраструктуры переработки авиационных композитов.

Кроме того, значительная часть списанных авиационных конструкций до сих пор утилизируется путём захоронения на полигонах или сжигания. Такие методы не только неэффективны с точки зрения повторного использования ресурсов, но и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

### **Методы переработки композиционных материалов**

На сегодняшний день существует несколько основных подходов к переработке композиционных материалов, применяемых в авиации.

Механическая переработка заключается в измельчении композитных отходов с последующим использованием полученной массы в качестве наполнителя для новых материалов. Данный метод отличается относительной простотой, однако приводит к значительной потере прочностных свойств.

Термическая переработка основана на высокотемпературном воздействии, в результате которого полимерная матрица разрушается, а армирующие волокна могут быть частично сохранены. К недостаткам метода относятся большие энергозатраты и возможное ухудшение качества волокон.

Химическая переработка предполагает использование специальных растворителей, позволяющих разделить матрицу и армирующий материал. Этот метод считается перспективным, однако требует сложного оборудования и строгого контроля технологического процесса.

### **Экологические аспекты переработки авиационных композитов**

Неправильная утилизация композиционных материалов представляет серьёзную экологическую проблему. Полимерные компоненты разлагаются в природных условиях крайне медленно, а при сжигании могут выделять вредные вещества.

С учётом роста объёма списываемой авиационной техники в ближайшие годы вопрос экологически безопасной переработки композитов становится особенно актуальным. Развитие технологий вторичной переработки позволит снизить объём отходов, сократить использование первичного сырья и уменьшить негативное воздействие авиационной отрасли на окружающую среду.

### **Перспективы развития переработки композиционных материалов**

В настоящее время активно ведутся исследования, направленные на создание композитов, изначально ориентированных на упрощённую переработку. Разрабатываются



новые типы матриц, которые легче поддаются химическому разложению или повторному использованию [3].

Также важную роль играет развитие нормативно-правовой базы, регулирующей утилизацию авиационной техники. Введение обязательных требований по переработке композитных материалов может стимулировать внедрение новых технологий и повысить экологическую ответственность производителей.

### **Заключение**

Композиционные материалы играют ключевую роль в развитии современной авиации, однако их широкое применение сопровождается серьёзными проблемами утилизации и переработки. Сложная структура композитов, высокие затраты на переработку и экологические риски требуют комплексного подхода к решению данной задачи.

Развитие эффективных технологий переработки и совершенствование нормативной базы являются важными условиями устойчивого развития авиационной промышленности. Решение этих вопросов позволит не только снизить экологическую нагрузку, но и повысить эффективность использования ресурсов в авиационной отрасли.

### ***Список литературы:***

1. Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. - 111 с.
2. Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения [Текст]: Материалы XX Международной научно-практической конференции. – Нальчик: Издательство «Принт Центр», 2024. – 382 с. – 250 экз. – ISBN 978-5-907725-94-2.
3. Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред. Сборник трудов 14-й Всероссийской научной конференции с международным участием. Москва, 23 – 25 октября 2024 г. – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 324 с.

