

**Применение полимерных и композиционных материалов в конструкции
биоферментаторов барабанного типа**

Кудрин И.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук Уваров Р.А. (Университет ИТМО)

Введение. Рост агропромышленного производства требует внедрения экологически безопасных технологий переработки отходов. На конец 2023 года поголовье крупного рогатого скота в России составило 17074 тыс. голов, а свиней – 28268 тыс. голов. Согласно экспертным оценкам, ежегодно в России образуется свыше 600 млн тонн органических отходов АПК [1]. Всё это диктует необходимость оптимизации оборудования, где ключевую роль играет выбор материалов, влияющий на энергоэффективность и долговечность систем. Одной из наиболее эффективных и экологически безопасных технологий утилизации органических отходов является твердофазная аэробная ферментация в установках барабанного типа [2].

Основная часть. Барабанные биоферментаторы, обеспечивающие непрерывную или периодическую биоконверсию, требуют материалов, сочетающих прочность, коррозионную стойкость и низкую теплопроводность. Традиционно применяемые конструкционные стали (Ст-3, Ст-45) (например, ООО «БИОТЕХМАШ» и ООО «БИОКОН-АГРО», Россия) обладают высокой механической устойчивостью, но требуют применения коррозионно стойких покрытий и применения теплоизоляционного слоя. Нержавеющие стали (AISI 316; AISI 304) (биоферментатор BRU производства FAN Group (Австрия)) значительно удорожают стоимость оборудования. В целом использование металлов увеличивают массу конструкции и энергозатраты на вращение [3]. Альтернативой для изготовления барабана, непосредственно взаимодействующего с перерабатываемыми отходами, выступают полимеры (полиэтилен высокой плотности, армированный полипропилен) и композиты (стеклопластик с полиэфирной смолой, углеволокно-эпоксидные системы). Их преимущества:

- **Полимеры:** снижение веса на 40-60%, низкая теплопроводность (0,3-0,5 Вт/(м·К)), химическая инертность. Недостатки – ограниченная термостойкость (до 80-120 °С) и склонность к деформациям при длительных нагрузках (пример: барабан EYS BC (Турция) [4]).
- **Композиты:** сочетание легкости с повышенной прочностью за счет армирования. Например, биоферментаторы с барабанами из стеклопластика демонстрируют износостойкость, сопоставимую со сталью, при снижении массы на 30%. Однако высокая стоимость сырья и сложность ремонта ограничивают их применение.

Перспективным направлением является гибридизация материалов: стальные каркасы с полимерными покрытиями (антикоррозионные эпоксидные смолы) или композитные панели с металлической арматурой. Такие решения минимизируют теплопотери, снижая энергопотребление на 15-20%, и продлевают срок службы оборудования.

Выводы. Анализ материалов для биоферментаторов выявил, что комбинирование полимеров, композитов и металлов позволяет оптимизировать конструкцию по критериям прочности, веса и энергоэффективности. Для агрессивных сред предпочтительны композиты с химически стойкими матрицами, в условиях переменных нагрузок – гибридные системы.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на создание адаптивных материалов, разработке термостабильных полимеров для интенсификации биотермических процессов, снижение стоимости композитов за счет внедрения переработанных наполнителей

(стекловолокно, биоразлагаемые смолы) и исследование долговечности гибридных соединений в условиях вибрации и перепадов влажности.

Список использованных источников:

1. Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Повышение экологической безопасности путем разработки технологического регламента переработки и использования побочной продукции животноводства // АгроЭкоИнженерия. – 2023. – № 1(114). – С. 141-152. – DOI: 10.24412/2713-2641-2023-1114-141-154.
2. Уваров Р.А. Выбор системы рециклинга навоза для молочной фермы с привязным содержанием / Р. А. Уваров // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – Т. 13, № 3. – С. 24-29. – DOI 10.22314/2073-75992019-13-3-24-29.
3. Глушков Р. В., Цыглимов И. А. Применение полимерных композиционных материалов в сельском хозяйстве //Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. – 2020. – С. 308-312.
4. Романченко Н. М. Использование полимерных материалов разных видов в агропромышленном производстве //НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ. – 2021. – С. 176-180.
5. Техничко-экономическое обоснование твердофазной аэробной ферментации органических отходов / Р. А. Уваров, А. С. Кравченко, А. А. Штанг, А. И. Ермоченко // Вестник ВСГУТУ. – 2024. – № 3(94). – С. 21-2