

Министерство образования Республики Беларусь  
Витебский государственный технологический университет

УДК 687

№ гос. регистрации

20241290

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

УО ВГТУ



Ванкевич Е.В.

(подпись)

(ФИО)

2024 г.

ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе

**Разработка технологии переработки стекла, извлекаемого из отходов  
электрического и электронного оборудования  
(заключительный отчет)**

х/д 281

Научный руководитель НИР

к.т.н., доцент

(подпись)

Зими́на Е. Л.

Начальник НИЧ

(подпись)

Сажин В. А.

Витебск 2024

Библиотека ВГТУ



## Список исполнителей

Научный руководитель НИР  
к.т.н., доцент

*Зимина* 30.08.24 Зимина Е. Л.  
(подпись, дата)

Исполнители

к.т.н., доцент

*Зимина* 30.08.24 Зимина Е. Л. (глава 1, 2)  
(подпись, дата)

Нормоконтролер

*Карпова* 30.08.24 Карпова Н. В.  
(подпись, дата)

## РЕФЕРАТ

Отчет 1 ч., 50 с., 16 рис., 12 табл., 10 источников, 1 прил.

**ОТХОДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ; ОТХОДЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ; ОТХОДЫ СТЕКЛА; ВТОРИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ; ДРОБЛЕНИЕ СТЕКЛА, РЕЖИМЫ ДРОБЛЕНИЯ**

Объектом исследования являются отходы стекла, извлекаемого из отходов электрического и электронного оборудования.

Целью работы является разработка технологии переработки стекла, извлекаемого из отходов электрического и электронного оборудования.

В ходе НИР установлены направления использования вторичного стекла (стекла дробленого), проведен анализ сырья, предоставленного ООО «Западная перерабатывающая компания», разработан технологический процесс подготовки стекла к вторичному его использованию, проведены исследования процесса дробления, установлены оптимальные режимы измельчения, с целью получения массы необходимого фракционного состава, получены математические модели зависимости средней массы частиц и коэффициента вариации по массе от длительности воздействия на материал и частоты вращения ротора; представлены новые возможные направления использования полученного продукта.

На разработанный техпроцесс производства вторичного стекла (стекла дробленого) разработан проект технологического регламента.



# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Анализ литературных источников по возможностям использования вторичного стекла (стекла дробленого) в производстве различных материалов.....	6
1.1 Использование отходов стекла в стекольной промышленности.....	7
1.1.1 Использование стеклобоя при варке стекла.....	7
1.1.2 Использование отходов стекла в производстве стекловолокна.....	8
1.1.3 Использование отходов стекла для изготовления стеклянных шариков.....	8
1.2 Использование отходов стекла в производстве изоляционных и строительных материалов.....	9
1.2.1 Использование отходов стекла для изготовления декоративно-облицовочных плиток.....	9
1.2.2 Применение отходов стекла для изготовления строительных и облицовочных кирпичей.....	11
1.2.3 Применение отходов стекла для приготовления бетона и изделий из него.....	13
1.2.4 Использование отходов стекла для изготовления пеностекла.....	14
1.3 Использование отходов стекла в дорожных покрытиях.....	15
2 Анализ сырья, предоставленного ООО «Западная перерабатывающая компания».....	18
3 Технологический процесс подготовки стекла к вторичному его использованию.....	23
4 Разработка технологического процесса получения вторичного сырья (стекла дробленого).....	27
4.1 Оптимизация технологии получения вторичного стекла (стекла дробленого).....	27
4.2 Разработка режимов изготовления вторичного стекла (стекла дробленого).....	31
4.3 Анализ свойств полученных материалов.....	37
5 Маркетинговая проработка других вариантов использования отходов стекла, извлекаемых из бытовой техники.....	38
Заключение.....	40
Список использованных источников.....	41
Приложение А. ПРОЕКТ технологического регламента на производства вторичного стекла (стекла дробленого) .....	42

## ВВЕДЕНИЕ

Отходы электрического и электронного оборудования (далее ОЭЭО) – один из значимых источников загрязнения окружающей среды, но с другой стороны, ОЭЭО также могут рассматриваться в качестве вторичного ресурса, так как они содержат ценные компоненты. Таким образом, переработка электронных бытовых отходов не только является важным элементом в общей структуре управления отходами, но и представляет интерес с точки зрения материального и ресурсного потенциала [1].

Главными задачами этой сферы производства считаются: сбор материала, хранение, транспортировка, сортировка, вторичная переработка или обезвреживание. Весь процесс строго регламентируется нормативными документами и проходит под постоянным контролем за соблюдением установленных требований.

Утилизация ОЭЭО позволяет решить вопросы, возникающие у людей, которые не знают, что делать со старыми бытовыми приборами, когда планируется покупка более современной и усовершенствованной модели или замена пришедшей в негодность техники. Правильная организация этого процесса позволяет решить множество вопросов, в том числе экономические и экологические. С точки зрения экономики, утилизация бытовой техники выгодна тем, что позволяет вторично использовать материалы в промышленном производстве, к тому же некоторые виды приборов содержат определенное количество драгоценных металлов.

Вопросы экологии в современном мире становятся все более актуальными и требуют внимания всего человечества. Установлено, что процессы распада и окисления металлов приводят к крайне негативному влиянию на все живые организмы и состояние почвы; при изготовлении электронных схем часто используются материалы низкого качества, и при их разложении в землю попадает огромное количество ядовитых отравляющих веществ; период распада пластика может составлять до 50 лет, в зависимости от размеров; резина производится в основном из вторичного сырья, она практически не разлагается, но при этом способствует загрязнению окружающей среды [2, 3]. Исходя из вышеперечисленного, самовольный вывоз бытовой техники на полигоны не должен осуществляться. Этим должны заниматься только специализированные организации, которой и является ООО «Западная перерабатывающая компания».

Основной целью НИР является – разработка технологии переработки стекла, извлекаемого из отходов электрического и электронного оборудования, а также разработка технологического регламента на новый технологический процесс производства вторичного стекла (стекла дробленого). В настоящее время данные отходы подлежат утилизации и захоронению. Применение компонентов стекла в производстве вторичного стекла (стекла дробленого) позволит получить продукцию с более низкой себестоимостью и решить экологическую проблему захоронения.

# 1 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ВОЗМОЖНОСТЯМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО СТЕКЛА (СТЕКЛА ДРОБЛЕННОГО) В ПРОИЗВОДСТВЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рост уровня использования стеклобоя должен обуславливаться созданием эффективных систем его сбора от населения. Большое внимание должно также уделяться выделению стеклобоя из бытовых отходов, так как процент попадания его в бытовые отходы значителен. Эффективному использованию стеклобоя может способствовать организация специализированных предприятий по его обработке, на которых будет осуществляться его измельчение, очистка и сортировка. Необходимо также развивать рациональные направления использования стеклобоя, позволяющие экономить первичное сырье.

Анализ литературных источников [4-7] показал основные направления использования стеклобоя (рисунок 1.1).

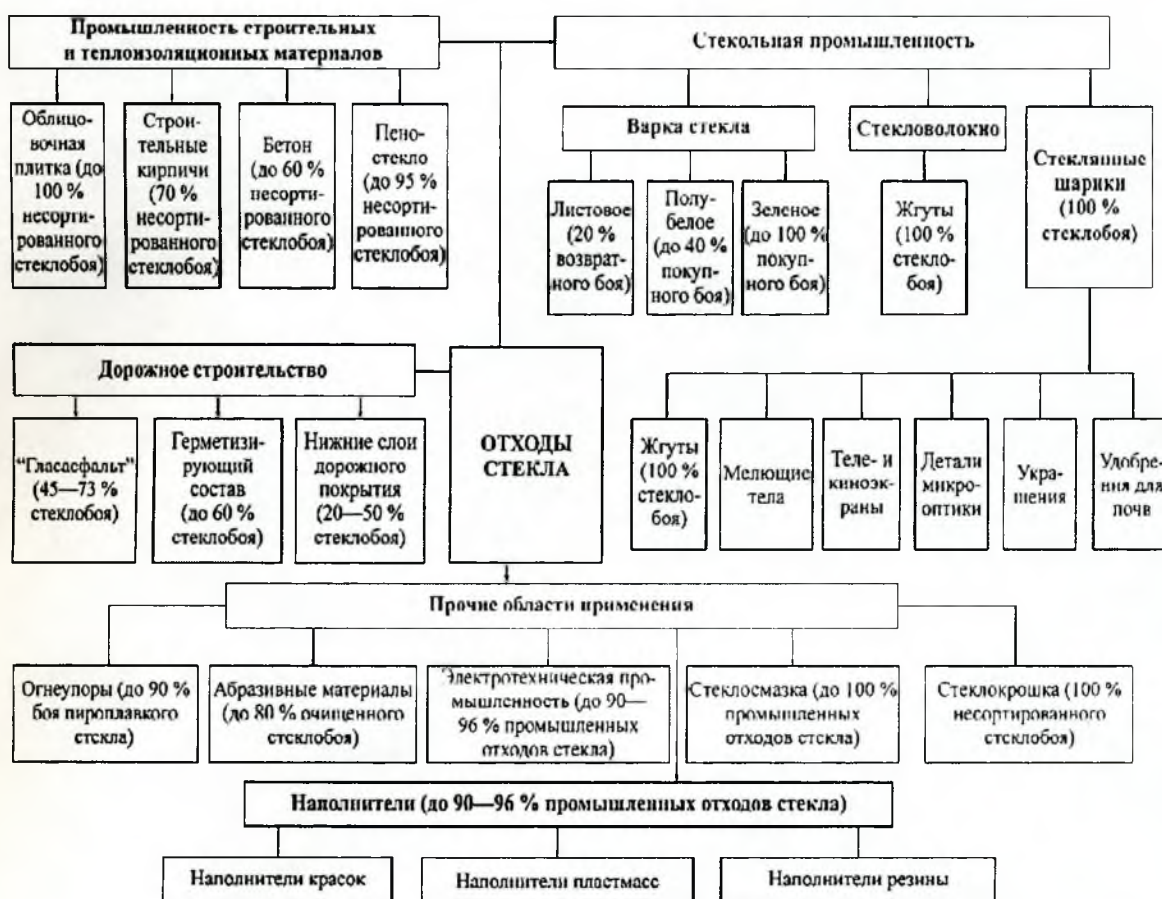


Рисунок 1.1 – Основные направления использования стеклобоя

Источник: [4]

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электронный ресурс : Твердые бытовые отходы. Утилизация и переработка. – Режим доступа : [https : // solidwaste.ru/magazine/archive/viewdoc/2015/7](https://solidwaste.ru/magazine/archive/viewdoc/2015/7). – Дата доступа : 28.08.2024.
2. Электронный ресурс : Проблема утилизации электронных отходов. – Режим доступа : <https://ultraprogress.ru>. – Дата доступа : 18.06.2020.
3. Электронный ресурс : Классы отходов: как определяется их опасность, порядок их сбора, хранения и утилизации. – Режим доступа : [https : // zen.yandex.ru/media/id/5ce84a3daa7e8b00b356bf15/klassy-othodov-kak-opredeliaetsia-ih-opasnost-poriadok-ih-sbora-hraneniia-i-utilizacii-5ebfc246be2dce5b920f283e](https://zen.yandex.ru/media/id/5ce84a3daa7e8b00b356bf15/klassy-othodov-kak-opredeliaetsia-ih-opasnost-poriadok-ih-sbora-hraneniia-i-utilizacii-5ebfc246be2dce5b920f283e). – Дата доступа : 25.06.2024.
4. Мелкоян, Р. Г. Экологические и экономические проблемы использования стеклобоя в производстве стекла : учебное пособие / Р. Г. Мелкоян, С. Г. Власова. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 100 с.
5. Кетов А.А. Опыт производства пеностеклянных материалов из стеклобоя / А.А. Кетов, И.С. Пузанов, Д.В. Саулин // Строительные материалы. 2007. №3. С. 70–72.
6. Мелкоян Р.Г. Опыт сбора и передачи стеклобоя за рубежом / Р.Г. Мелкоян, Г.Р. Мелкоян // Информационный бюллетень «Стеклобоя». 2000. № 3 (9). С. 8–9.
7. Мелкоян Р.Г. Второе рождение стекла / Р.Г. Мелкоян // Технологии строительства. 2003 . № 6 (28). С. 52–53.
8. Дьяконов, Р. С.. Проблемы переработки и утилизации бытовой техники / Р. С. Дьяконов, Е. Л. Зими́на // XXII (двадцать вторая) научная сессия преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов : сборник докладов XXII (двадцать второй) научной сессии, Витебск, 24 апреля 2019 г. / Витебский филиал Международного университета «МИТСО»; редкол. А. Л. Дединкин (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2019. – С. 346-348.
9. Зими́на, Е. Л. Технологические и теоретические основы получения материалов с использованием текстильных отходов : монография / Е. Л. Зими́на, А. Г. Коган, В. И. Ольшанский ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2019. С. 230.
10. Власова, С. Г. Основы химической технологии стекла : учеб. пособие / С. Г. Власова. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2013. С. 108.