

В результате выполненной работы было определено, что отходы полимерсодержащих материалов, образующиеся на предприятиях легкой промышленности, могут использоваться в качестве сырья для производства продукции. В частности для производства геополимерных материалов. Разработанная технология соответствует технологическому регламенту на кожевенно-волоконистые материалы из отходов синтетических и искусственных обувных материалов.

В результате выполнения работы:

- выполнен обзор рынка геополимерных материалов,
- определены технические характеристики, предъявляемые к геополимерным материалам,
- проведен анализ полимерных материалов, используемых в промышленности,
- проведен анализ технологий переработки отходов полимерных материалов,
- разработана технология переработки отходов искусственных и синтетических обувных материалов.

©БНТУ

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ АСПИРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТОРФОБРИКЕТНОГО ЗАВОДА**

*О.В. БЫКОВСКАЯ, О.А. ЗАЙЦЕВА, И.А. БАСАЛАЙ, Г.И. МОРЗАК*

The paper contains an analysis of peat reserves of the Republic of Belarus and production activity of a peat briquette plant. Ecological aspects of fuel briquette production technology has been determined in the paper. The paper proposes modernization of an aspiration system applied in a press station

Ключевые слова: торфобрикетный завод, экологический менеджмент, аспирационная система, циклон

Объект исследования – аспирационная система торфобрикетного завода.

Актуальность темы определяется Республиканской программой по существенному увеличению объемов производства местных видов топлива.

Цель – разработка мероприятий по совершенствованию природоохранной деятельности ОАО «ТБЗ Усяж» через разработку и внедрение системы управления окружающей средой.

Актуальность темы определяется Республиканской программой по существенному увеличению объемов производства местных видов топлива и состоит в своевременной модернизации применяемого технологического оборудования на торфобрикетных заводах. Такой подход позволит существенно увеличить объемы производства торфяных топливных брикетов для обеспечения жилищно-коммунальных хозяйств в районных центрах и агрогородках, а также для работы миниТЭЦ на местных видах топлива.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Существующая экологическая ситуация и тенденции ее изменения во многом определяются промышленным производством и хозяйственной деятельностью в целом. Несмотря на отдельные успехи и достижения, общая картина здесь продолжает ухудшаться, что ведет к дальнейшему развитию экологического кризиса в мире. Все более очевидной становится необходимость поиска новых путей и подходов к решению экологических проблем промышленного производства. Основным из них в мире общепризнан экологический менеджмент.

Одной из форм экологического менеджмента являются системы управления окружающей средой (СУОС) на предприятиях. Процесс внедрения и функционирования СУОС является неотъемлемой частью развития крупных предприятий, что, в значительной степени, способствует созданию и поддержанию их благоприятного имиджа на мировом рынке.

В соответствии с целью работы результатом работы станет разработка Реестра важных экологических аспектов при осуществлении брикетного цеха своей производственной деятельности, а также разработка мероприятия природоохранного характера с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду.

### **1. АНАЛИЗ ТОРФЯНЫХ ЗАПАСОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ ИХ РАЗРАБОТКЕ**

#### **1.1 Анализ торфяных запасов в Республике Беларусь**

В недрах Республики Беларусь имеются значительные запасы торфа и сапропелей. Эти ресурсы активно эксплуатируются. Многие торфяные месторождения после гидротехнической мелиорации эффективно используются как сельскохозяйственные угодья. Торф и сапропель находят применение в сельском хозяйстве, энергетике, химической технологии, бальнеологии, охране окружающей среды [1]. Из всех видов твердых горючих ископаемых Беларуси торфяные и сапропелевые ресурсы являются наиболее изученными и востребованными экономикой страны, прежде всего в топливно-

энергетическом комплексе и сельском хозяйстве. Они активно разрабатывались многие десятилетия [2, 3].

Общая площадь торфяных месторождений составляет ныне 2,4 млн. га с геологическими запасами торфа около 4 млрд. т. Однако все эти запасы нельзя рассматривать как возможные к разработке, так как в их состав входят также заолонные виды торфа, мелкозалежные и малые торфяные месторождения, торфяные залежи, выполняющие существенные природоохранные функции. До настоящего времени предприятия добывали торф только на 13,9 тыс. га с пригодными для добычи запасами торфа 22,2 млн.т. В 2010 году для энергетических целей и сельского хозяйства увеличена добыча торфа до 3,4 млн.т. Для выполнения этого задания отведено около 8,5 тыс. га торфяных месторождений для добычи торфа.

Согласно Государственной комплексной энергетической программе в 2020 г. необходимо довести до 30 % производство тепловой и электрической энергии за счет использования местных, возобновляемых и альтернативных источников энергии. Торф и древесина являются наиболее востребованными в энергетике топливно-энергетическими ресурсами. К 2020 году объем добычи торфа только для нужд энергетики возрастет до 1,5 млн. т у.т., и в общем объеме котельно-печного топлива его доля составит не менее 4,3 %.

В соответствии со Схемой рационального использования и охраны торфяных ресурсов все торфяные месторождения распределены по целевым фондам. Министерства и облисполкомы должны учитывать ее рекомендации при планировании хозяйственной деятельности по использованию торфяных ресурсов. На период принятия данной Схемы республика была обеспечена дешевыми энергоресурсами, земельное и природоохранное использование торфа было приоритетным и к нему было отнесено более 40 % имеющихся запасов. В разрабатываемый фонд выделено 4 % запасов. Отведенные запасы торфа при существующих объемах добычи должны были обеспечить торфопредприятия сырьем на 1820 лет.

Однако со времени утверждения Схемы рационального использования и охраны торфяных ресурсов (1991 г.) разрабатываемый фонд существенно выработан. Планируемое увеличение объемов добычи торфа за счет интенсификации использования разрабатываемого фонда является первостепенной задачей. На действующих предприятиях повышение объемов добычи может быть осуществлено за счет увеличения разрабатываемого фонда. Имеется возможность за счет перераспределения торфяного фонда увеличить промышленные запасы до 1,1-1,2 млрд. т. Для решения этой задачи необходимо усовершенствовать критерии выделения торфяных месторождений по целевым фондам, уточнить современное состояние и использование месторождений и на их основе произвести перераспределение торфяного фонда.

С учетом того, что при использовании экологически безопасных ресурсосберегающих технологий, нагрузка от разработки месторождений на окружающую среду будет незначительной и кратковременной, следует пересмотреть природоохранный, земельный и нераспределенный фонды. Из этих фондов в разрабатываемый можно отнести примерно 400 млн. т. В соответствии со Схемой рационального использования и охраны торфяных ресурсов на 1 января 1988 года оставшиеся геологические запасы оценивались в 4,4 млрд. т, а извлекаемые - 0,32 млрд.т. Следует пересмотреть отдельные торфяные месторождения, отнесенные к торфяному фонду. Месторождения этого фонда с глубиной торфяной залежи менее 1 м следует исключить из Схемы рационального использования и охраны торфяных ресурсов, а с глубиной более 1 м считать резервными для разработки. В условиях достижения прогнозируемых ежегодных объемов добычи торфа в 6,5–8,1 млн. т запасов разрабатываемого торфяного фонда республики достаточно для разработки и использования на ближайшие 100 лет без изъятия месторождений из действующих природоохранных и земельных фондов.

## **1.2 Прогноз потребности в торфяной топливной продукции топливно-энергетического комплекса**

В республике сохранена торфяная промышленность. В период своего наивысшего развития, в 70-80 годы прошлого столетия, предприятиями Министерства топливной промышленности БССР добывалось до 16 млн. т торфа, из них до 7 млн. т – для использования в качестве топлива, около 9 млн. т - для сельского хозяйства. Предприятиями производилось 2,4 млн. т брикетов, около 4 млн. т торфа использовалось для обеспечения теплоэлектростанций.

В настоящее время в республике имеется развернутая сеть областных топливоснабжающих организаций, ежегодно добывается до 2,8 млн. т фрезерного торфа, до 9 тыс. т кускового торфа. Из добытого торфа производится до 1,2 млн. т топливных брикетов, до 5 тыс. т торфяных питательных грунтов, 25 тыс. т торфа верхового кипованного. В 2006 году организована добыча и реализовано 85 тыс. т торфа для нужд сельского хозяйства.

Основная продукция торфопредприятий – топливные брикеты. В 2006 году их было произведено 1246 тыс. т, из которых 1 млн. 29 тыс. т реализовано в республике, 210 тыс. т – экспорт. В балансе торфяного топлива республики за 2006 г. доля населения составила 59,7 %, доля прочих организаций – 28,2 %. Доля использования предприятиями Минэнерго на нужды производства топлива и отопления составила 12,1 %. В составе Минэнерго работают 34 предприятия, из них 22 производят топливные брикеты, 3 – машиностроительную продукцию для торфяной отрасли. Для добычи торфа разрабатывается 46 месторождений. Предприятиям отведено 13,9 тыс. га земель с запасами торфа 26,3 млн.т.

### **1.3 Обеспечение потребности в торфяной продукции**

За счет выполнения мероприятий по техническому перевооружению и реконструкции предусматривается к 2020 году увеличение производства: брикетов – в 1,2 раза (до 1471 тыс. т.); кускового торфа – в 17,4 раза (до 165 тыс. т.); торфа для пылевидного сжигания – в 4,5 раза; грунтов – в 4,7 раза; торфа верхового кипованного – в 2,9 раза. Для обеспечения производства торфяного топлива и продукции на основе торфа в прогнозируемых объемах требуется увеличить добычу торфа до 5,1 млн. т. в 2020 году, или в 2,2 раза.

Анализ показывает, что в соответствии с госпрограммой «Торф» в нашей республике реализуются перспективные направления по комплексной разработке торфяных месторождений и производству топливных брикетов. Основанием для этого служит большой научный и производственный потенциал в области изучения свойств торфа и его использования в народном хозяйстве, как одного из ценных природных полезных ископаемых Беларуси.

## **2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТОРФОБРИКЕТНОГО ЗАВОДА**

Целью данного раздела является анализ воздействия на окружающую среду производства торфяных топливных брикетов и предложение природоохранного мероприятия по снижению этого воздействия. Для этого решены следующие задачи: – исследование технологического процесса производства торфяных топливных брикетов; – оценка воздействия на окружающую среду исследуемого технологического процесса; – анализ эффективности работы пылеулавливающих систем и обоснование предложения по ее модернизации.

### **2.1. Технологический процесс производства топливных брикетов**

Технологический процесс производства топливных брикетов реализуется на современных торфобрикетных заводах (ТБЗ). Основными производственными единицами ТБЗ являются бункерная фрезерного торфа, подготовительное отделение с дробильно-сепарационным оборудованием, сушильное отделение, отделение брикетирования и склад топливных брикетов, а также котельная по сжиганию отсева (крупных фракций фрезерного торфа и древесных включений) для получения тепловой энергии для работы сушилок [5, 6].

Фрезерный торф влажностью 40÷45 %, заготовленный в летнее время на разрабатываемых торфяных месторождениях, доставляется с производственных участков железнодорожным транспортом в бункерную сырьевую завод. Ленточным конвейером торф подается в подготовительное отделение. Измельченный в дробилках торф подается на грохоты, где происходит его разделение на фракции. Мелкая фракция подается в сушильное отделение. Отсев торфа подается в бункер котельной для сжигания. Для обеспыливания оборудования подготовительного отделения предусмотрена установка, снабженная сухим и мокрым циклонами.

Сушка торфа от исходной влажности не более 50% до конечной не более 20% производится в сушильной установке ПЕКО 12. Она состоит из пяти последовательно работающих сушилок, разделенных на две группы. Высушенный в сушильной установке торф направляется в бункера прессов. Поданный в пресса торф превращается в брикеты и по охладительным лоткам, направляется ленточным конвейером на бункерный склад для отправки потребителям. Просыпавшаяся сушенка из-под штемпелей пневмотранспортом подается в сухой циклон и направляется для дальнейшего прессования, а пылевоздушный поток направляется в мокрый циклон и очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. Пыль от зевов прессов пневмотранспортом поступает в мокрый пылеулавливатель, в котором происходит улавливание пыли, а затем чистый воздух выбрасывается в атмосферу.

### **2.2 Анализ материальных потоков производства брикетов**

Анализ материальных потоков производства брикетов показывает, что наибольшее воздействие на окружающую среду оказывают выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. При производстве брикетов в технологии предусмотрена аспирационная система, состоящая из девяти газоочистных (ГОУ) и пылеулавливающих установок: две используются для вспомогательного произ-

водства, семь – для основного, шесть из которых установлены в брикетном цеху. Мультициклон с дозатором золы установлен в миниТЭЦ.

По результатам мониторинга и инвентаризации выбросов установлено, что наиболее проблемным местом по относительному проценту выбросов после используемых ГОУ является прессовое отделение (от штемпелей). На данном технологическом этапе существует двухступенчатая система очистки: 1-ая ступень – циклон ЛИОТ, 2-ая – циклон СИОТ.

Для снижения негативного воздействия на окружающую среду разрабатываются природоохранные мероприятия. Одно из них – замена существующей 2-х ступенчатой системы обеспыливания прессов на более эффективную систему очистки с использованием импортного модульного фильтра одноступенчатой импульсной очистки. Принцип работы фильтра основан на двухэтапной очистке; первый этап обеспечивается встроенным динамическим предварительным очистителем и второй – рукавным фильтром с регенерацией рукавов пульсирующей струей. Для предотвращения взрыва пыли фильтр оснащен взрыворазрядником или альтернативно блокирующей системой.

Результаты аналитических расчетов показывают, что сокращение выбросов загрязняющих веществ от трех существующих источников будут сокращены до 30%.

Дополнительными преимуществами данного фильтра с точки зрения экологии и экономики являются: снижение водопотребления (на участке исключается потребление воды); снижение энергопотребления, т. к. фильтр имеет несколько режимов работы; снижение экологического налога в результате снижения выбросов загрязняющих веществ.

### 2.3 Система обеспыливания технологического оборудования торфобрикетного завода

В результате выполнения исследований по повышению эффективности пылеулавливающих установок авторами работы предложена принципиально новая система обеспыливания.

Известна система обеспыливания (аспирационная система) скребковых конвейеров высушенного торфа на ТБЗ [6, 7], включающая всасывающие сопла, установленные в зонах интенсивного пылевыделения при работе технологического оборудования, соединенные через коллектор с сухим циклоном, оснащенный взрывным клапаном и шлюзовым затвором, выходной патрубком сухого циклона соединен коллектором с всасывающим патрубком вентилятора, а нагнетательный патрубок - с входным патрубком циклона мокрой очистки, оснащенный патрубком для выброса очищенного воздуха в атмосферу, а также шибером с трубопроводом для слива шлама. Её существенный недостаток - значительное потребление воды для использования в циклоне мокрой очистки воздуха от наиболее мелких частиц торфа.

Задача изобретения – снижение запыленности технологического оборудования и исключение потребления чистой воды для обеспечения аспирационной системы. Модернизированная система обеспыливания технологического оборудования (рис. 1), включающая всасывающие сопла 1, установленные в зонах интенсивного пылевыделения при работе технологического оборудования, соединенные через общий коллектор 2 с входным патрубком 3 сухого циклона 4, снабженного шлюзовым затвором 5 и взрывным клапаном 6, выходной патрубком 7 сухого циклона 3 соединен коллектором 8 с входным патрубком 9 фильтра с матерчатými элементами 10, снабженного шлюзовым затвором 11, взрывным клапаном 12 и системой 13 продувки матерчатых элементов 10, выходной патрубком 14 фильтра соединен коллектором 15 с всасывающим патрубком 16 вентилятора 17, а нагнетательный патрубок вентилятора 17 соединен с патрубком 18 для выброса очищенного воздуха в атмосферу, шлюзовые затворы 6 и 11 соединены через вертикальные трубопроводы 19 и 20 с конвейером 21.

Система обеспыливания работает следующим образом. Вентилятором 17 в системе обеспыливания создается направленный поток воздуха, который всасывается вместе с частицами материала через сопла 1, установленные в зонах интенсивного пылевыделения при работе технологического обо-

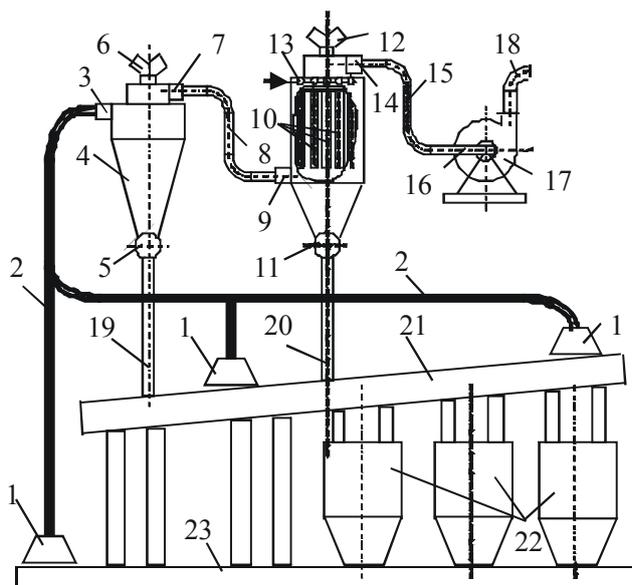


Рис. 1.– Принципиальная схема обеспыливания технологического оборудования с применением матерчатого фильтра

рудования, транспортируется по общему коллектору 2 и через входной патрубок 3 поступает в сухой циклон 4. При криволинейном спиральном движении торфовоздушной смеси под действием инерционных сил значительная часть более крупных частиц торфа отделяется от несущей среды и оседает в нижней части циклона 4. Очищенный воздух через выходной патрубок 7 по коллектору 8 поступает через входной патрубок 9 в фильтр с матерчатыми элементами 10, где наиболее мелкие частицы материала осаждаются на матерчатых элементах 10, а очищенный воздух через выходной патрубок 14 фильтра и далее – по патрубку 15 поступает через всасывающий патрубок 16 в вентилятор 17. Нагнетательный патрубок вентилятора соединен с коллектором 18 для выброса очищенного воздуха в атмосферу. Осажденные в циклоне 4 и фильтре с матерчатыми элементами 10 частицы материала через шлюзовые затворы 5 и 11 по трубопроводам 19 и 20 ссыпаются на конвейер 21 и транспортируются в бункеры 22, из которых вместе с основным материалом подаются конвейером 23 в прессовое отделение завода. Фильтр с матерчатыми элементами 10, снабженный шлюзовым затвором 11, взрывным клапаном 12 и системой 13 продувки матерчатых элементов 10, обеспечивает высокую степень сухой очистки воздуха от взвешенных в нем наиболее мелких частиц торфа. При значительном накапливании частиц материала на матерчатых элементах 10 срабатывает система 13 продувки матерчатых элементов сжатым воздухом без отключения вентилятора 17, в результате чего частицы сваливаются в нижнюю часть фильтра. Безопасность эксплуатации системы обеспечивается взрывными клапанами 6 и 12, установленными над выходными патрубками 7 и 14.

Таким образом, заявляемая система обеспыливания обеспечивает высокую (до 99,8%) степень сухой очистки воздуха от взвешенных в нем частиц торфа, снижение запыленности технологического оборудования и производственных помещений завода, а также исключает потребление чистой воды для работы системы обеспыливания по сравнению с прототипом, в которой для в циклоне мокрой очистки для орошения используется более 120 м<sup>3</sup> в сутки.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В соответствии с государственной программой «Торф» в нашей республике реализуются перспективные направления по комплексной разработке торфяных месторождений и производству топливных брикетов. Основанием служит большой научный и производственный потенциал в области изучения свойств торфа и его использования в народном хозяйстве.

Анализ инструментов природопользования показал, что наиболее комплексным контролем природоохранной деятельности является СУОС. При разработке СУОС важную роль играет определение экологических аспектов и их воздействие на окружающую среду, а также определение оценки значимости данных аспектов. Это позволит предприятию определить направленность дальнейшей деятельности по разработке мероприятий по снижению воздействия на окружающую среду и основных направлений экологической политики - внедрение современных технологий, оборудования, материалов, обеспечивающих рациональное использование ресурсов и снижение отрицательного воздействия на внешнюю среду.

Анализ технологического процесса брикетного цеха показал, что предприятие при осуществлении своей производственной деятельности оказывает воздействие, главным образом, на атмосферный воздух, т. е. выбросы загрязняющих веществ образуются на всех стадиях технологического процесса. Анализ инвентаризации выбросов и мониторинга показал, что наиболее проблемным участком по относительному проценту выбросов является прессовое отделение. Поэтому важным мероприятием является установка модульного фильтра одноступенчатой импульсной очистки на стадии брикетирования.

Основное воздействие, которое оказывает брикетный цех на окружающую среду, – выбросы торфяной пыли в атмосферный воздух; определены экологические аспекты брикетного цеха, определена оценка их значимости. В работе составлен Реестр важных экологических аспектов, разработана экологическая политика; разработана органограмма функционирования СУОС; а также показано приоритетное направление разработки мероприятий по снижению воздействия на атмосферный воздух. Предложены мероприятия по совершенствованию природоохранной деятельности: внедрение СУОС на предприятии, а также модернизация технологического оборудования в отделении брикетирования.

Использование ОАО «ТБЗ Усяж» полученных в ходе выполнения работы результатов может стать основой для разработки и внедрения системы управления окружающей средой.

#### **Литература**

1. *Лиштван И.И.* Торфяные и сапропелевые ресурсы как основа государственной программы «Торф». / Энергетическая стратегия, №2, 2008. – С.10-20.
2. *Тюремнов С.Н.* Торфяные месторождения / С.Н. Тюремнов.- М.: Недра, 1976.
3. Разработка единой классификации торфа: Отчет по теме №2/131/ И.И. Лиштван, Н.Т. Король.

4. Кислов Н.В. О направлениях развития научно-исследовательских работ в области технологии и комплексной механизации добычи и переработки торфа / Процессы и средства добычи и переработки полезных ископаемых. Сборник трудов МНТК, посвящ. 80-летию Н.В. Кислова // Минск: БНТУ, 2012.- С.45-51.
5. Булышко, М.Г., Петровский, Е.Е. Технология торфобрикетного производства / М.Г. Булышко. – М: Недра, 1968.
6. Справочник по торфу / под ред. А.В.Лазарева и С.С. Корчунова.-М.: Недра, 1982.- С.523-527.
7. Отчет о НИР (ХД 576/77) «Разработка системы обеспыливания торфобрикетных прессов на заводе «40 лет БССР». Рук. Кислов Н.В. / Минск, БПИ, 1979. – 98 с.

©БГУИР

## СКАНЕР ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ

**В.В. ВАРФОЛОМЕЕВ**

Design of fingerprint scanner is described. Development is consists of PCB design, body design, engineering calculations of temperature condition, mechanical parameters and hardness, reliability, electromagnetic compatibility. Also are described different engineering solutions associated with destabilizing factors protection

Ключевые слова: конструирование, расчеты, дестабилизирующие факторы

Сканер отпечатков пальцев – устройство, предназначенное для считывания биометрического параметра человека – рисунка папиллярных линий на коже пальцев, с последующей обработкой и принятии определённого решения на основе полученной.

Главной отличительной особенностью разрабатываемого устройства является гибкость применения: простота и удобство организации СКУД различной степени сложности на его основе, а также удобство автономного применения. Это во многом обеспечивается использованием стандартных беспроводных интерфейсов, таких как Wi-Fi и GPRS. Также значительному увеличению гибкости применения (по сравнению с существующими аналогами) способствует использование сенсорного дисплея, что позволяет легко переконфигурировать рабочую панель устройства без внесения изменений в конструкцию. Характерной особенностью является наличие универсальных входов и выходов, что позволяет без труда управлять исполнительными механизмами или принимать информацию от различных типов датчиков, не поддерживающих стандартные интерфейсы связи.

Для полной реализации функциональности устройства, его эргономичности, а также защиты дестабилизирующих факторов были приняты следующие конструктивные решения:

- конструктивное исполнение – моноблок;
- расположение антенн внутри корпуса (за исключением антенны Wi-Fi);
- охлаждение естественное воздушное в неперфорированном корпусе;
- пыле- и влагозащищенность, защита от механических воздействий обеспечиваются негерметичным неперфорированным корпусом.

В конструкцию заложена современная элементная база, а также возможность применения современных производственных технологий.

Некоторые результаты конструкторских расчётов:

- средний перегрев воздуха в корпусе устройства не превысит 14,4 К;
- наработка на отказ составляет 14057,74 ч;
- среднее время восстановления составляет 0,63ч;
- вероятность безотказной работы с учётом восстановления 0,98;

Полученные функциональные характеристики устройства:

- разрешение получаемого сканированного изображения отпечатка не менее 500 dpi;
- время сканирования одного отпечатка не более 1 с;
- время аутентификации пользователя после сканирования не более 1с;
- максимально количество хранящихся изображений отпечатков не менее 1000;
- максимальное количество записей журнала событий не менее 10000;
- вероятность аутентификации несанкционированного пользователя не более 10-6%;
- вероятность не-аутентификации санкционированного пользователя не более 0,2%.

По совокупности характеристик разработанное устройство не уступает аналогам, что в сочетании с крайне высокой гибкостью применения делает его конкурентоспособным на рынке подобных устройств и весьма перспективным.

### Литература

1. Куземин, А.Я. Конструирование и микроминиатюризация электронной вычислительной аппаратуры / А.Я Куземин– // Уч. пособие для ВУЗов. – Москва, 1985. – 280 с.
2. Грачёв, А.А. Конструирование электронной аппаратуры на основе поверхностного монтажа компонентов / А.А Грачёв, А.А. Панов, П.И. Мельник – Москва, 2006. – 338 с.