

На правах рукописи

АГЕЕВА Екатерина Андреевна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СОКРАЩЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ И
ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ
ШВЕЙНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Специальность:
05.02.22 – Организация производства
(текстильная и легкая промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна".

Научный руководитель: **Горшков Александр Сергеевич**, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна", профессор кафедры интеллектуальных систем и защиты информации

Официальные оппоненты: **Рымкевич Павел Павлович**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования "Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского" Министерства обороны РФ, профессор кафедры физики

Степашкина Анна Сергеевна, кандидат технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения", доцент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)" Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Защита диссертации состоится 20 сентября 2022 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.236.07 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна" по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18, ауд. 437.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна", <http://sutd.ru/>.

Автореферат разослан __ августа 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.236.07
доктор технических наук, доцент

Переборова Нина Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В последние годы в Российской Федерации уделяется огромное внимание вопросам энергосбережения и повышения энергетической эффективности. С 2008 года в стране действует Указ Президента Российской Федерации "О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики", десятки Постановлений Правительства и сотни подзаконных актов, стимулирующих меры, направленные на повышение энергетической и экологической эффективности российской экономики, а также на уменьшение выбросов парниковых газов.

Однако большинство законодательных требований посвящено повышению энергетической эффективности жилого фонда, в меньшей степени – зданий административного и общественного назначения, и существенно меньше – вопросам повышения энергетической эффективности промышленных предприятий.

Единственным фактором, стимулирующим реализацию на промышленных предприятиях мер по энергосбережению, является постоянный рост тарифов на энергоресурсы: воду, тепловую и электрическую энергию, а также рост стоимости различных видов топлива, используемого на предприятиях.

Швейная промышленность не относится к наиболее энергоемким отраслям народного хозяйства. Однако, затраты энергетических ресурсов могут составлять значительную долю в себестоимости выпускаемой на швейных предприятиях продукции. С учетом ежегодного роста тарифов на энергоресурсы эта доля становится все более значительной. В этой связи игнорирование данного обстоятельства приводит к росту издержек на предприятии, росту себестоимости выпускаемой продукции и не способствует повышению ее конкурентоспособности, в том числе на международных рынках.

По данным ряда исследований затраты на производство швейных изделий на европейских предприятиях на 30-35 % меньше, чем на отечественных. Этому способствуют два основных фактора. Первый – это более значительные затраты тепловой энергии, расходуемой на отопление производственных и административно-бытовых зданий в составе швейного предприятия, что, в первую очередь, обусловлено низким уровнем теплоизоляции ограждающих конструкций и, во-вторую, климатическими особенностями Российской Федерации. Второй – нерациональное расходование энергетических ресурсов в технологических процессах при изготовлении швейных изделий. В этой связи учет двух этих факторов при организации производственного процесса и условий эксплуатации на швейных предприятиях страны позволяет значительно снизить энергоемкость выпускаемой на отечественных швейных предприятиях готовой продукции. Одновременно с этим решается задача повышения энергетической эффективности предприятий отрасли.

Для достижения указанных выше целей требуется разработка и технико-экономическое обоснование мероприятий и инженерно-технических решений, направленных на сокращение энергетических ресурсов на отечественных предприятиях при неизменном полезном эффекте от их внедрения. Помимо чисто технических и экономических результатов для предприятия при сокращении затрат энергетических ресурсов на предприятиях отрасли решается задача уменьшения выбросов парниковых газов в атмосферу, что при введении углеродного налога для промышленных предприятий также способствует сокращению издержек на выпуск продукции.

Снижение затрат энергетических ресурсов, расходуемых как на стадии

эксплуатации промышленных предприятий, так и на стадии непосредственного выпуска продукции, способствует снижению энергоемкости и себестоимости выпускаемой продукции, повышению ее конкурентоспособности.

Таким образом, тема диссертационной работы, посвященная разработке методов оценки энергетической эффективности швейных предприятий, расчету потенциала энергосбережения и выбросов углекислого газа в атмосферу, достигаемых при реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений, является актуальной и способствует:

- снижению энергоемкости и себестоимости выпускаемых на отечественных предприятиях швейных изделий;
- повышению конкурентоспособности отечественной продукции, выпускаемой на швейных предприятиях;
- систематизации накопленных знаний в области повышения энергетической эффективности на швейных предприятиях.

Цель работы состоит в разработке методов снижения энергоемкости выпускаемой продукции и уменьшения выбросов парниковых газов, достигаемых за счет реализации на швейных предприятиях отдельных энергосберегающих мероприятий или комплексных программ энергосбережения.

Для достижения поставленной цели решаются следующие **задачи**:

1. Выявление суммарных показателей энергоемкости предприятий швейной отрасли.
2. Комплексный анализ факторов, влияющих на потребление энергетических ресурсов на швейных предприятиях страны.
3. Разработка комплекса энергосберегающих мероприятий, направленных на сокращение эксплуатационных затрат энергетических ресурсов на швейных предприятиях.
4. Разработка комплекса энергосберегающих мероприятий, направленных на сокращение производственных затрат энергетических ресурсов, расходуемых непосредственно на выпуск изделий швейной промышленности.
5. Разработка методов расчета потенциала энергосбережения, достигаемого за счет реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений на швейных предприятиях.
6. Разработка методов численной оценки сокращения выбросов парниковых газов, достигаемого в результате реализации энергосберегающих мероприятий на швейных предприятиях.
7. Разработка методов расчета окупаемости инвестиций в энергосбережение на предприятиях швейной промышленности.

Научная новизна полученных результатов заключается:

- в разработке методов расчета потенциала энергосбережения, достигаемого за счет реализации инженерно-технических энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение эксплуатационных затрат на предприятиях швейной промышленности;
- в разработке методов расчета потенциала энергосбережения, достигаемого за счет реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение производственных затрат, расходуемых на выпуск продукции, и оптимизацию технологических процессов на предприятиях швейной промышленности;
- в разработке методов расчета выбросов углекислого газа до и после реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений на предприятиях швейной промышленности и вычислении на ее основе величины

углеродного налога;

- в разработке методов расчета простого срока окупаемости инвестиций в энергосбережение на предприятиях швейной промышленности при реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение эксплуатационных и производственных затрат энергетических ресурсов, в том числе с учетом величины углеродного налога;

- в разработке методов расчета дисконтированного срока окупаемости инвестиций в энергосбережение на предприятиях швейной промышленности при реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение эксплуатационных и производственных затрат энергетических ресурсов, в том числе с учетом дисконтирования будущих денежных потоков, роста тарифов на энергоресурсы, стоимости обслуживания кредита и величины углеродного налога.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке модели расчета срока окупаемости инвестиций в энергосбережение и чистого дисконтированного дохода при реализации на швейных производствах энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение энергетических ресурсов при неизменном полезном выпуске продукции, учитывающей дисконтирование будущих денежных потоков, рост тарифов на энергоносители, стоимость обслуживания банковского кредита, величину углеродного налога, рассчитываемого на основании оценки выбросов углекислого газа при выпуске продукции на швейных предприятиях.

Практическая значимость работы заключается в систематизации энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение потребляемых на швейных предприятиях энергетических ресурсов и выбросов углеродного газа, разработке методов расчета потенциала энергосбережения, достигаемого при реализации энергосберегающих мероприятий, и сроков их окупаемости, в комплексе позволяющих выявить наиболее эффективные с экономической точки зрения энергосберегающие мероприятия и технические решения и тем самым оптимизировать затраты на их реализацию.

Результаты исследований внедрены и апробированы на существующих швейных предприятиях. Полученный экономический эффект позволил снизить затраты энергетических ресурсов на выпуск продукции, уменьшить ее себестоимость и повысить конкурентоспособность.

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач использовался аппарат математического анализа, а также математического моделирования с применением методов функционального анализа и приближенных вычислений.

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод расчета потенциала энергосбережения, достигаемого за счет реализации инженерно-технических энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение эксплуатационных затрат на предприятиях швейной промышленности.

2. Метод расчета потенциала энергосбережения, достигаемого за счет реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение производственных затрат, расходуемых на выпуск продукции, и оптимизацию технологических процессов на предприятиях швейной промышленности.

3. Метод расчета выбросов углекислого газа до и после реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений на предприятиях швейной промышленности.

промышленности и вычислении на ее основе величины углеродного налога.

4. Метод расчета простого срока окупаемости инвестиций в энергосбережение на предприятиях швейной промышленности при реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение эксплуатационных и производственных затрат энергетических ресурсов, в том числе с учетом величины углеродного налога.

5. Метод расчета дисконтированного срока окупаемости инвестиций в энергосбережение на предприятиях швейной промышленности при реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений, направленных на сокращение эксплуатационных и производственных затрат энергетических ресурсов, в том числе с учетом дисконтирования будущих денежных потоков, роста тарифов на энергоресурсы, стоимости обслуживания кредита и величины углеродного налога.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационная работа выполнена в рамках Паспорта научной специальности 05.02.22 – Организация производства (по отраслям) ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и соответствует следующим его пунктам:

2. Разработка методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов и инвестиций в организацию производственных процессов.

5. Разработка научных, методологических, системотехнических принципов повышения эффективности функционирования и качества организации производственных систем. Повышение качества и конкурентоспособности продукции, системы контроля качества и сертификации продукции. Системы качества и экологичности предприятий.

7. Анализ и синтез организационно-технических решений. Организация ресурсосберегающих и экологических производственных систем.

12. Обеспечение безопасности и экологичности производственных процессов и их результатов.

Степень достоверности результатов обеспечивается корректностью постановки научной задачи и подтверждается всесторонним анализом предшествующих научных работ по тематике исследования, привлечением базовых научных дисциплин и апробированного математического аппарата, непротиворечивостью и совпадением частных результатов диссертации с результатами работ других авторов, а также положительным эффектом от внедрения результатов выполненного исследования.

Апробация результатов диссертационной работы проводилась на конференциях различных уровней, в частности на: Всероссийской конференции молодых ученых "Инновации молодежной науки" (Санкт-Петербург, 2021, 2022 гг.) и на Международной научной конференции, посвященной инновационному развитию текстильной и легкой промышленности "Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах" (Санкт-Петербург, 2020 г.).

Личный вклад автора. Основные исследования выполнены диссертантом в период 2020-2022 гг. В работах, составляющих основу настоящей диссертации, автору принадлежит ведущая роль в постановке и решении задач исследования, обобщении результатов, разработке методик исследования, формулировке выводов, в предложениях по практическому использованию полученных результатов и материалов. Результаты, представленные в диссертации, отражают самостоятельные исследования автора. Автору принадлежат основные идеи работ, опубликованных в соавторстве, использованных при написании настоящей диссертации. Вклад автора

является решающим на всех стадиях работы.

Публикации. По результатам диссертационного исследования соискателем опубликовано 10 научных работ, среди которых 3 статьи в научных периодических изданиях из "Перечня ВАК" и 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ в Роспатенте.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав основного содержания, заключения, списка литературы и четырех приложений. Основное содержание диссертационной работы представлено на 153 страницах, включая 19 таблиц, 26 рисунков и список литературы, состоящий из 202 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, степень разработанности темы исследования, цель и задачи диссертационного исследования, его научная новизна, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, степень достоверности и апробация результатов исследования.

Первая глава посвящена анализу энергоемкости отечественных швейных предприятий, выявлению наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на нерациональное использование энергетических ресурсов на швейных предприятиях, анализу законодательных и нормативных требований в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности на предприятиях швейной подотрасли легкой промышленности, анализу структуры и объемов потребления энергетических затрат на предприятиях легкой и швейной промышленности, описанию способов экономии энергетических ресурсов на швейных предприятиях и оценки углеродного следа швейных производств, методам оценки экономической эффективности энергосберегающих мероприятий и технических решений, реализуемых на швейных предприятиях.

Вторая глава посвящена разработке способов снижения затрат энергетических ресурсов на стадии эксплуатации швейных предприятий.

Выполнен анализ архитектурно-планировочных решений, реализованных при строительстве швейных предприятий. С учетом фактического количества работников, занятых на швейных предприятиях, произведена оценка площади производственных и административно-бытовых помещений, а также площади наружных ограждающих конструкций, учтенных далее при оценке потенциала энергосбережения, достигаемого за счет их дополнительного утепления.

Для оценки эксплуатационных затрат предприятий отрасли выполнен анализ следующих показателей:

- архитектурно-планировочные решения швейных предприятий;
- параметры микроклимата на швейном предприятии;
- параметры отопительного периода;
- теплозащитные характеристики наружных ограждающих конструкций.

Установлены основные показатели микроклимата в основных производственных и административно-бытовых помещениях: температура и относительная влажность внутреннего воздуха, скорость его движения (подвижность), интенсивность теплового излучения.

Проанализированы параметры холодного периода года для местностей, в которых расположены наиболее крупные предприятия швейной подотрасли. Всего проанализированы данные по 380 наиболее крупным швейным предприятиям,

расположенным на территории Российской Федерации. С учетом месторасположения предприятий для каждого из них установлены параметры климата в холодный период года:

- расчетная температура наружного воздуха, принимаемая равной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °С;
- продолжительность отопительного периода, сут;
- средняя температура наружного воздуха в течение отопительного периода, °С.

На основании выполненного анализа определены усредненные значения показателей микроклимата, параметров холодного периода для наиболее крупных центров сосредоточения швейных предприятий, градусо-суток отопительного периода, которые позволяют произвести оценку теплоэнергетических показателей применительно не к отдельному предприятию, а к рассматриваемой подотрасли в целом.

Результаты расчетов показывают, что усредненное значение градусо-суток отопительного периода для швейной отрасли составляет 4966 °С·сут.

Приведены методы расчета эксплуатационных потерь тепловой и электрической энергии на швейных производствах до и после реализации на предприятиях мероприятий по энергосбережению.

Выполнена оценка суммарного эффекта снижения эксплуатационных затрат тепловой и электрической энергии на предприятиях швейной подотрасли легкой промышленности до и после реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений. Данные приведены как для отдельных рассматриваемых в работе энергосберегающих мероприятий, так и для подотрасли в целом.

В **третьей главе** приведены способы сокращения технологических затрат энергетических ресурсов на швейных предприятиях, расходуемых непосредственно на выпуск готовой швейной продукции.

Затраты тепловой энергии на швейном предприятии расходуются на организацию влажно-тепловой обработки швейных изделий (утюжку, прессование, формование, термофиксацию и т.п.), электрической энергии – на работу механизмов, машин и оборудования, непосредственно задействованных в производственном процессе.

Показано, что затраты тепловой энергии на швейных предприятиях составляют более 80 % от суммарных затрат энергии, расходуемых на предприятии на выпуск швейной продукции (Рисунок 1). Например, один пресс потребует 18 кг/час пара, что соответствует часовому расходу тепловой энергии 13,73 кВт·ч. При этом часовой расход электрической энергии при работе одной швейной машины (с фрикционным электродвигателем мощностью 400 Вт) составит максимум 0,35 кВт·ч.

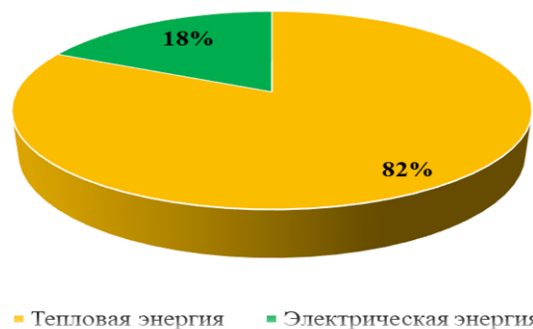


Рисунок 1 – Распределение долей затрат различных видов энергии в технологических процессах изготовления швейных изделий
В этой связи основной целью сокращения технологических затрат тепловой

энергии на швейном предприятии является сокращение расхода технологического пара, которое может быть достигнуто при организации на швейном предприятии следующих энергосберегающих мероприятий:

- совершенствование системы выработки и подачи пара к технологическому оборудованию;

- уменьшение времени обработки изделий;
- уменьшение количества комплексных операций и оборудования ВТО;
- уменьшение неэффективных простоев оборудования ВТО;
- совершенствование организации технологического процесса.

Показано, что совершенствование системы выработки и подачи пара к технологическому оборудованию может быть достигнуто за счет:

- снижения потерь при конденсатоотделении;
- снижения потерь за счет повышения эффективности тепловой изоляции;
- снижения потерь за счет уменьшения протяженности коммуникаций;
- снижения потерь за счет использования возвратного тепла и повторного использования конденсата.

Уменьшение времени обработки изделий на швейном предприятии достигается за счет оптимального подбора режимов ВТО, уменьшение количества комплексных операций и оборудования ВТО - за счет применения новых видов оборудования, на котором возможно параллельное выполнение нескольких неотделимых операций, уменьшение неэффективных простоев оборудования ВТО - за счет применения оснастки, позволяющей выполнять на нем несколько операций, совершенствование организации технологического процесса - за счет повышения загрузки оборудования ВТО.

Сокращение затрат электрической энергии при производстве швейных изделий достигается за счет выбора более эффективных машин и оборудования, задействованных в производственном процессе, например, за счет замены фрикционного электропривода на сервопривод с частотно-регулируемым управлением.

На основании выполненного в главе анализа разработан перечень наиболее эффективных энергосберегающих мероприятий, направленных на сокращение нерационального расходования энергии в технологических процессах при изготовлении швейных изделий.

Для каждого рассмотренного в главе энергосберегающего мероприятия или технического решения приведены прогнозируемые значения величины сокращения потерь тепловой и электрической энергии в технологических процессах на швейных предприятиях.

Разность потерь тепловой энергии до и после утепления паропроводов $\Delta Q_{h,H.P.}$, кВт·ч (Гкал), рассчитывается по формулам:

- при расчете в кВт·ч:

$$\Delta Q_{h,H.P.} = \frac{1}{1000} \cdot \sum_{j=1}^P \left[(q_{L.init,j} - q_{L.ins,j}) \cdot l_j \right] \cdot T_{HP}; \quad (1)$$

- при расчете в Гкал:

$$\Delta Q_{h,H.P.} = \frac{1}{1163 \cdot 10^3} \cdot \sum_{j=1}^P \left[(q_{L.init,j} - q_{L.ins,j}) \cdot l_j \right] \cdot T_{HP}, \quad (2)$$

где $1/1000$ – переводной коэффициент ($1 \text{ Вт} = 1/1000 \text{ кВт}$);

$q_{L.init,j}$ – линейная плотность теплового потока через поверхность существующего слоя теплоизоляции, приходящаяся на 1 п.м. длины трубопровода j -го диаметра, проложенного в неотапливаемом помещении (холодном чердаке, подвале, техподполье), Вт/м;

$q_{L.ins,j}$ – линейная плотность теплового потока через поверхность нового слоя теплоизоляции, приходящаяся на 1 п.м. длины трубопровода j -го диаметра, проложенного в неотапливаемом помещении, Вт/м;

l_j – длина (протяженность) трубопровода j -го диаметра, м;

p – количество трубопроводов j -го диаметра, проложенных в помещениях неотапливаемого чердака;

$T_{н.р.}$ – годовой фонд рабочего времени в течение календарного года, час/год; при односменном графике работы швейного предприятия $T_{н.р.}$ принимается равным 2077 ч/год (см. п. 1.1);

$1/1163$ – переводной коэффициент ($1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 1/1163 \text{ Гкал}$).

Тогда годовая экономия тепловой энергии на предприятии при принятых исходных данных составит 17000 кВт·ч/год или 14,6 Гкал/год.

Прогнозируемые значения потенциала энергосбережения, достигаемого при реализации способов сокращения затрат тепловой энергии на швейных предприятиях представлены в Таблице 1.

Также в главе представлено сокращение затрат электрической энергии при производстве швейных изделий.

В Таблице 2 приведен сравнительный анализ потребления электроэнергии фрикционным приводом и сервоприводом швейной машины.

Таблица 1 – Прогнозируемые значения величины сокращения потерь тепловой энергии в технологических процессах на швейных предприятиях, МВт·ч/год

Наименование мероприятия	Потенциал энергосбережения, МВт·ч/год
Сокращение потерь тепловой энергии через поверхность изоляции после утепления паропроводов	4 250
Сокращение потерь тепловой энергии через поверхность изоляции после утепления конденсатопроводов	1 200
Сокращение влагосодержания пара после утепления паропроводов	16 000
Замена неисправного конденсатоотводчика	7 700
Утилизация теплоты конденсата	350

Таблица 2 – Сравнительный анализ потребления электроэнергии фрикционным приводом и сервоприводом, кВт·ч

Потребление электроэнергии, кВт	Фрикционный электродвигатель	Сервопривод
За одну технологическую операцию	0,00048	0,000392
За рабочий день	1,86	1,12
За год в целом	494,6	299,2

В дополнение к представленному в главе перечню инженерно-технических энергосберегающих мероприятий на швейных предприятиях описаны организационные мероприятия, которые также способствуют сокращению нерационального использования энергетических ресурсов в производственном процессе.

Организационные энергосберегающие мероприятия позволяют сэкономить от 1 до 3 % энергетических ресурсов.

На основании выполненного анализа и расчетов разработана модель системы организации энергетического менеджмента на швейном предприятии (Рисунок 2), включающая весь перечень рассмотренных в работе энергосберегающих мероприятий, направленных на сокращение технологических затрат энергетических ресурсов, а также принципы ее внедрения на швейных предприятиях.



Рисунок 2 – Модель системы организации энергетического менеджмента на предприятии

Четвертая глава посвящена оценке углеродного следа при выпуске швейной продукции до и после реализации комплекса энергосберегающих мероприятий и инженерно-технических решений, рассмотренных в главах 2 и 3 диссертационной работы. По каждому мероприятию приведены прогнозируемые значения потенциала сокращения выбросов CO₂ на швейных предприятиях.

Результаты расчетов сведены в таблицы, которые позволяют оперативно установить величину сокращения выбросов углекислого газа при реализации на предприятии того или иного энергосберегающих мероприятия и оценить величину углеродного налога до и после их реализации.

Показано, что максимальный потенциал сокращения выбросов CO₂ на швейных предприятиях страны, достигаемый за счет реализации всего комплекса

предлагаемых энергосберегающих мероприятий и сокращения на них эксплуатационных расходов, в целом по отрасли может составить:

- тепловой энергии – 49 100 тСО₂-экв/год;
- электрической энергии – 1 800 тСО₂-экв/год.

Потенциал сокращения выбросов СО₂ на швейных предприятиях, достигаемый за счет реализации энергосберегающих мероприятий на швейных предприятиях и сокращения на них производственных расходов, в целом по отрасли может составить:

- тепловой энергии – 7 300 тСО₂-экв/год;
- электрической энергии – 1 200 тСО₂-экв/год.

Итого суммарный эффект сокращения выбросов СО₂ на швейных предприятиях страны потенциально может составить 59400 тСО₂-экв/год.

В **пятой главе** проведена оценка окупаемости инвестиций в энергосбережение на швейных предприятиях. Сроки окупаемости рассчитаны применительно для всех рассмотренных в диссертации энергосберегающих мероприятий и инженерно-технических решений.

На основании метода приведенных затрат получено выражение для определения простого срока окупаемости инвестиций.

Полученная формула отличается простотой и понятностью, но не учитывает многие факторы современной экономики, такие как дисконтирование будущих денежных потоков, стоимость денежных средств, рост тарифов на энергоносители.

Выполнен качественный анализ прогнозирования сроков окупаемости инвестиций в энергосбережение при единовременном и распределенном вложении средств в энергосберегающий проект (Рисунки 4, 5). Показано, что при одних и тех же начальных условиях единовременное вложение средств оказывается более эффективным.

На основании метода приведенных затрат получено выражение для определения простого срока окупаемости инвестиций (3):

$$\begin{aligned} P_1 &= K_1 + \mathcal{E}_1 \cdot T; \\ P_2 &= K_2 + \mathcal{E}_2 \cdot T, \end{aligned} \quad (3)$$

где P_1, P_2 – приведенные затраты на реализацию сравниваемых энергосберегающих мероприятий, руб;

K_1, K_2 – капитальные затраты на реализацию сравниваемых энергосберегающих мероприятий, руб;

$\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ – эксплуатационные затраты на реализацию сравниваемых энергосберегающих мероприятий, руб;

T – время, которое в зависимости от режимов эксплуатации оборудования и размера начальных инвестиций может исчисляться в месяцах, годах, рабочих эксплуатационных циклах и т.д.

Периоды возврата инвестиций в энергосберегающие мероприятия при повышении уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций производственных и административных зданий швейных предприятий приведены на Рисунке 6.

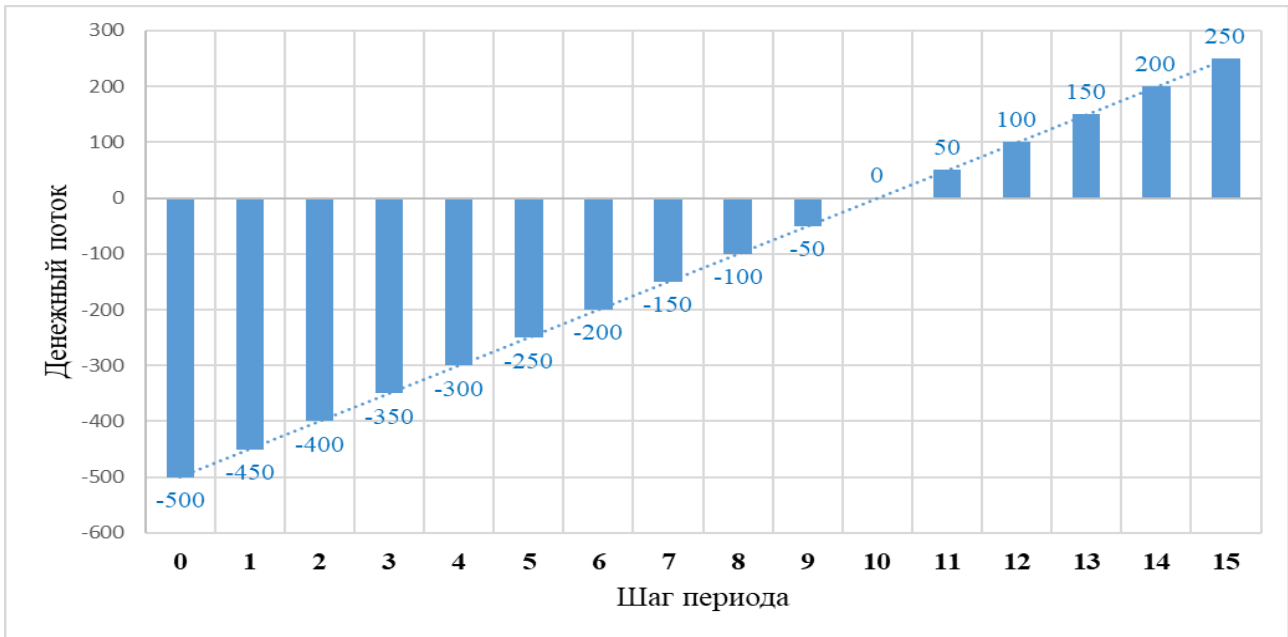


Рисунок 4 – Окупаемость инвестиций в энергосбережение при единовременном вложении денежных средств

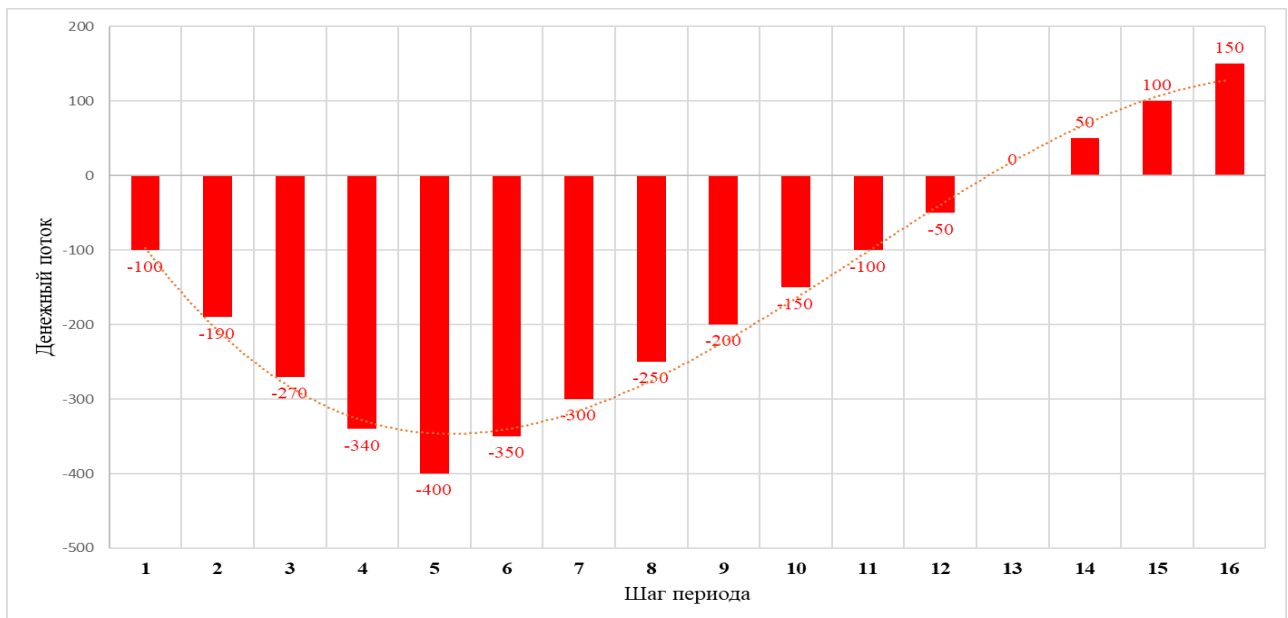


Рисунок 5 – Окупаемость инвестиций в энергосбережение при распределенном вложении денежных средств

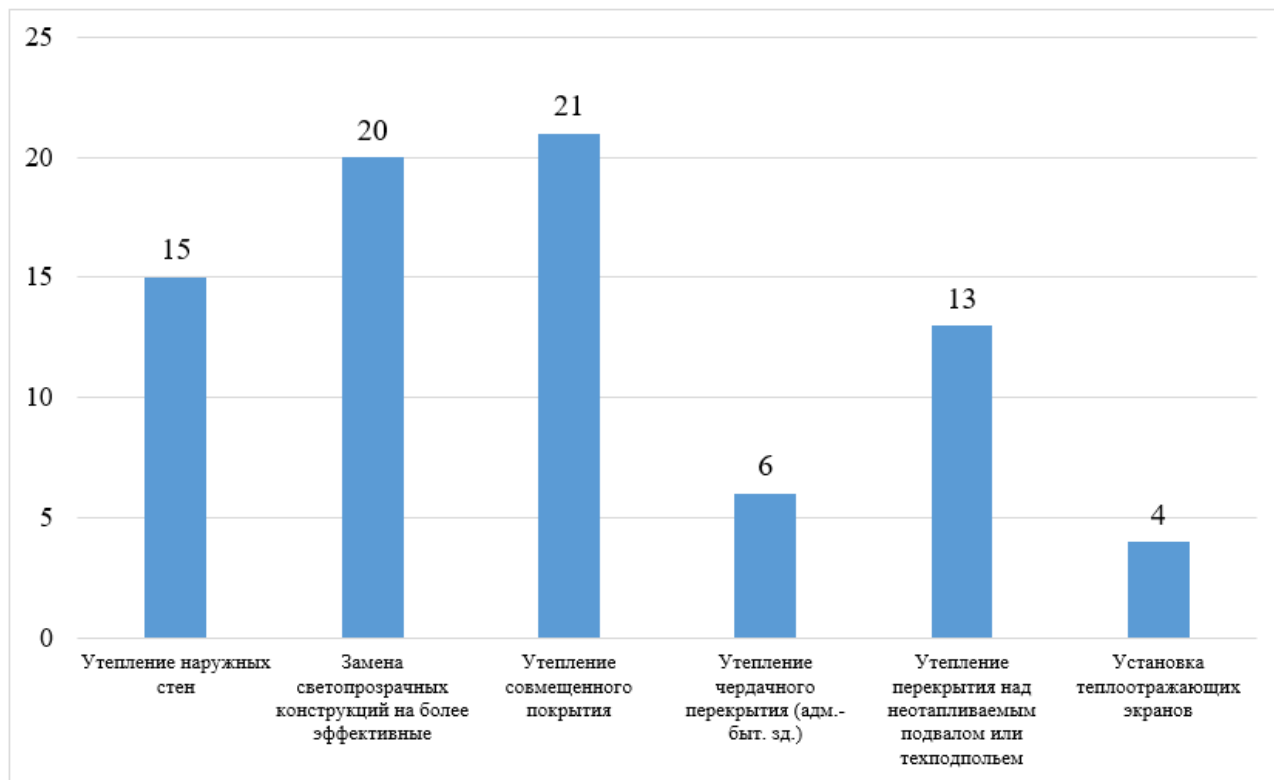


Рисунок 6 – Периоды возврата инвестиций в энергосбережение при повышении уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций производственных и административных зданий швейных предприятий

Для каждого из рассмотренных во второй и третьей главах диссертационной работы энергосберегающих мероприятий рассчитаны простые и дисконтированные сроки окупаемости инвестиций в энергосбережение.

Выявлены наиболее эффективные энергосберегающие мероприятия, реализация которых на швейных предприятиях обеспечивает наименьшие сроки окупаемости инвестиций. Полученные данные приведены в табличном и графическом представлениях.

ВЫВОДЫ

1. Определены суммарные показатели энергоемкости предприятий швейной промышленности.

2. Выполнен комплексный анализ факторов, влияющих на потребление энергетических ресурсов на швейных предприятиях страны; с учетом анализа месторасположения предприятий отрасли установлены усредненные по отрасли параметры микроклимата, климатические показатели в холодный период года, градусо-сутки отопительного периода.

3. Разработан комплекс энергосберегающих мероприятий, направленных на сокращение эксплуатационных затрат энергетических ресурсов на швейных предприятиях.

4. Разработан комплекс энергосберегающих мероприятий, направленных на сокращение производственных затрат энергетических ресурсов, расходуемых непосредственно на выпуск изделий швейной промышленности.

5. Разработан метод расчета потенциала энергосбережения, достигаемого за счет реализации энергосберегающих мероприятий и технических решений на швейных

предприятиях.

6. Разработан метод численной оценки сокращения выбросов парниковых газов, достигаемого в результате реализации энергосберегающих мероприятий на швейных предприятиях.

7. Разработан метод расчета окупаемости инвестиций в энергосбережение на предприятиях швейной промышленности, учитывающий величины начальных инвестиций в энергосбережение, потенциал энергосбережения и соответствующие ему денежные потоки, достигаемые за счет реализации инвестиционного энергосберегающего проекта, дисконтирование будущих денежных потоков, значение ставки по банковскому кредиту, рост тарифов на энергоресурсы и величину углеродного налога.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

Публикации в изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки РФ:

1. Агеева, Е. А. Способы снижения энергоемкости продукции, выпускаемой на предприятиях текстильной и легкой промышленности / Е.А. Агеева // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии. – 2022. – № 2. – С. 32–43.

2. Агеева, Е. А. Анализ структуры и объемов энергетических затрат на предприятиях легкой промышленности / Е.А. Агеева, А.С. Горшков // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии. – 2021. – № 4. – С. 39–49.

3. Агеева, Е. А. Критерии окупаемости инвестиций в энергосбережение на предприятиях легкой промышленности / Е.А. Агеева, Д.А. Овсянников, А.С. Горшков // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии. – 2022. – № 3. – С. 28–36.

Прочие публикации

4. Горшков, А. С. К вопросу об актуальности повышения эффективности использования энергетических ресурсов на предприятиях текстильной и легкой промышленности / А.С. Горшков, Е.А. Агеева, Л.В. Титова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии. – 2021. – № 3. – С. 47–50.

5. Козлов, А. А. Методы математического моделирования деформационных процессов арамидных текстильных материалов / А. А. Козлов, О. С. Воронина, К. В. Валуев, Н. А. Фролков, Е. А. Агеева // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии. – 2021. – № 2. – С. 24–32.

6. Переборова, Н. В. Математическое моделирование эксплуатационных процессов полимерных текстильных материалов / Н. В. Переборова, Н. С. Климова, А. М. Литвинов, Е. А. Агеева // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2021. – № 2. – С. 41–51.

7. Агеева, Е. А. Аналитический обзор методов модификации волокнистых материалов / Е. А. Агеева // Тез. докл. междунаро. науч. конф. «Инновационные

направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах». СПбГУПТД, (21.10.2020-23.10.2020). – Санкт-Петербург, 2020. – С. 48.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

8. Киселев С. В., Переборова Н. В., Агеева Е. А., Козлов А. А. Качественный анализ восстановительно-эксплуатационных свойств полимерных текстильных материалов двойного, технического и медицинского назначения. Свидетельство № 2022619546 от 23.05.2022.

9. Киселев С. В., Переборова Н. В., Агеева Е. А., Козлов А. А. Качественный анализ деформационно-эксплуатационных свойств полимерных текстильных материалов двойного, технического и медицинского назначения. Свидетельство № 2022619852 от 26.05.2022.

10. Киселев С. В., Переборова Н. В., Агеева Е. А., Козлов А. А. Качественный анализ релаксационно-эксплуатационных свойств полимерных текстильных материалов двойного, технического и медицинского назначения. Свидетельство № 2022618703 от 13.05.2022.