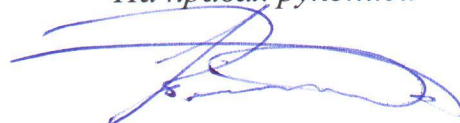


На правах рукописи



Лепп Эвальд Игоревич

**ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ КОНСТРУКЦИИ
СВОБОДНОПОТОЧНОЙ МИКРОГЭС ЗА СЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ
И МЕРОПРИЯТИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание

степени магистра по направлению Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств (151900.68)

магистерская программа – **Автоматизация конструкторско-
технологического проектирования (151900.68.01)**

Красноярск 2014

Работа выполнена на кафедре «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» Политехнического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель:

кандидат технических наук, профессор Головин Михаил Петрович

Рецензент:

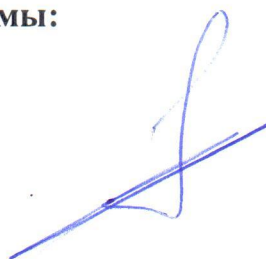
Генеральный директор ОАО «НПП «Радиосвязь», к.т.н. Галеев Р. Г.

Защита диссертации состоится «9» июля 2014 г. в 9:00 часов в ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» по адресу:
660074, г. Красноярск, ул. Ак. Киренского 26, ауд. Г 2-47

С авторефератом магистерской диссертации можно ознакомиться на сайте СФУ <http://edu.sfu-kras.ru/engineering> и в архиве открытого доступа: <http://elib.sfu-kras.ru>

Руководитель магистерской программы:

кандидат технических наук,
профессор



М. П. Головин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В отдаленных местностях, где нет возможности полноценно обеспечить население электроэнергией, а создание развитой энергетической инфраструктуры не имеет экономической целесообразности, появляются предпосылки к внедрению установок для использования возобновляемых источников энергии. Таким образом, возникает предпосылки к промышленному производству установок использующих возобновляемые источники энергии.

На рынке представлены различные установки, составляющие конкуренцию объекту исследования. На данный момент, установка имеет высокую стоимость и ряд трудностей с изготовлением, установкой и эксплуатацией в целом. Этот факт понижает конкурентоспособность продукта на рынке, поэтому становится целесообразным, для повышения конкурентоспособности, провести мероприятия по повышению технического уровня микроГЭС.

Для снижения стоимости в последних исполнениях установки было решено отказаться от использования торцевого генератора. В свою очередь генератор составлял более половины стоимости микроГЭС. Тем не менее, чтобы снизить стоимость изготовления, и повысить технический уровень конструкции, необходима оптимизация технологий изготовления оригинальных элементов микроГЭС.

Цель диссертационной работы – повышение технического уровня свободнопоточной микроГЭС за счет конструктивных и технологических мероприятий

Основные задачи исследования:

1. Патентно-технический анализ технических решений и обзор математических моделей работоспособности микроГЭС;
 2. Многокритериальная и топологическая оптимизация геометрии компонентов микроГЭС;
 3. Анализ возможности и эффективности применения быстрого прототипирования для изготовления критичных элементов микроГЭС;
 4. Испытания модернизированной микроГЭС
- ### ИСПЫТАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Методы исследования:

При решении поставленных в работе задач применяются:

- 1) Метод конечно – элементного моделирования в САЕ среде ANSYS;
- 2) Аналитические вычисления с использованием функционально-вычислительных пакетов
- 3) Методы топологической оптимизации (метод итерационного приближения);
- 4) Натурные эксперименты над образцами.

Достоверность полученных данных определяется выбранными методами решения поставленных задач, а также численным экспериментом, и натурных испытаний.

Объектом исследования является свободнопоточная микроГЭС с ортогональной турбиной, модель которой изображена ниже на рисунке 1

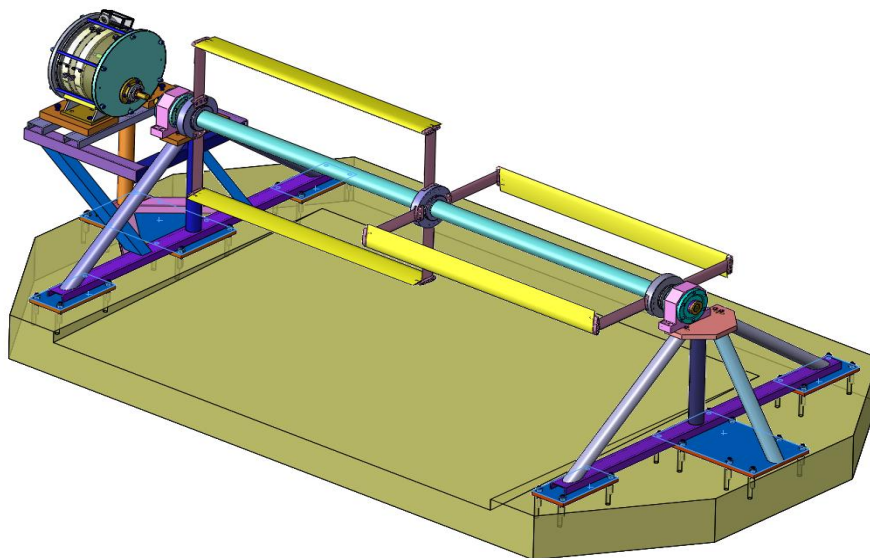


Рисунок 1 – Модель свободнопоточной микроГЭС

Научная новизна данной работы:

1. Модель топологической оптимизации элементов конструкции, отличающаяся применением в ней итерационной многокритериальной оптимизации, как механизма формообразования элементов свободнопоточной микроГЭС

2. Алгоритм управления топологией компонентов, находящихся под воздействием эксплуатационных нагрузок отличающийся совместным итерационным использованием многокритериальной и топологической оптимизаций для синтеза их геометрии.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

Разработанные модели оптимизации конструкции микроГЭС и составленные рекомендации по проектированию отдельно взятых узлов конструкции снижают стоимость ее изготовления и эффективность, таким образом, повышая конкурентоспособность установки в целом

Личный вклад автора

1. Спроектированы модели оптимизации для узлов свободнопоточной микроГЭС;

2. Проведена оптимизация свободнопоточной микроГЭС;

3. Разработано программное обеспечение, определения отклонения микроГЭС в потоке под действием нагрузок, от заданного положения.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы и ее отдельные разделы докладывались на:

— IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и Наука», в секции «Машиностроение и автоматизация» в 2013 году (г. Красноярск – диплом III степени);

— IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и Наука», в секции «Профессионально-ориентированный иностранный язык» в 2013 году (г. Красноярск);

— Региональной научно-технической конференции магистрантов «Специальное инженерное образование – подготовка современных инженерных кадров» в 2013 году (г. Красноярск);

— X Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и Наука», в секции «Информатика: Системный анализ, автоматизация и управление» в 2014 году (г. Красноярск, заочная форма выступления);

— X Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и Наука», в секции «Машиностроение» в 2014 году (г. Красноярск);

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследований, определены объекты и предметы исследований.

Первая глава диссертационной работы приведен обзор и анализ конструкций аналогичных установок, их исполнения. Рассматриваются работы А.М. Горлова, Т. Стефенса, Е. Султановой, Абрамовского Е. Р., Городько С. В., Свиридова Н. В. по оптимизации конструкции энергетической установки. Рассматриваются расчеты ветротурбин с вертикальной осью, приведены работы в которых приводятся аэродинамические модели распределения нагрузки на лопасть в сплошной среде А.И.Яковлева. М.А.Затучной.

Были рассмотрены исследования, в которых обосновывается выбор конструктивных решений при проектировании турбины, в том числе обосновывается выбор решения при проектировании формы лопасти А.М.Горлова. Вместе с этим рассматривается обоснование других конструктивных решений. После вышеописанных работ были сделаны следующие выводы:

1. Составлен список оригинальных деталей, присутствующих во всех конструкциях и имеющих схожее функциональное назначение.

2. Результатом анализа отдельных конструктивных решений, рассматриваемых установок, стали рекомендации к проектированию узлов свободнопоточной микроГЭС.

3. Рассмотрены и проанализированы альтернативные технологии изготовления критичных деталей конструкции.

4. Выявлены предпосылки к формированию математической модели для оптимизации критичных деталей конструкции

Вторая глава рассматривается вопрос оптимизации. В первую очередь описывается поэтапный алгоритм оптимизации критичных деталей (Рисунок 3, 4). Далее, идет описание процесса проектирования моделей, исследования рабочего процесса турбины и, основываясь на ней, выполняется решение задач оптимизации.

Главными критериями оптимизации выступают следующие параметры:

- масса;
- допустимые перемещения элементов конструкции;

В данной работе все детали, подвергающиеся оптимизации делятся на две категории – с определенной заранее конструктором топологией и детали, геометрическая форма которых должна лишь адекватно воспринимать действующую на нее нагрузку. Таким образом, в работе, последовательность операций при оптимизации, для деталей разных категорий так же меняется – изменяется очередность применения топологической и многокритериальной оптимизации. Для оптимизации лопасти, с определенной топологией первоначально применяется многокритериальная оптимизация, для поиска оптимальных пропорций, только после этого удаляются остатки материала, не задействованного в работе (рисунок 2).

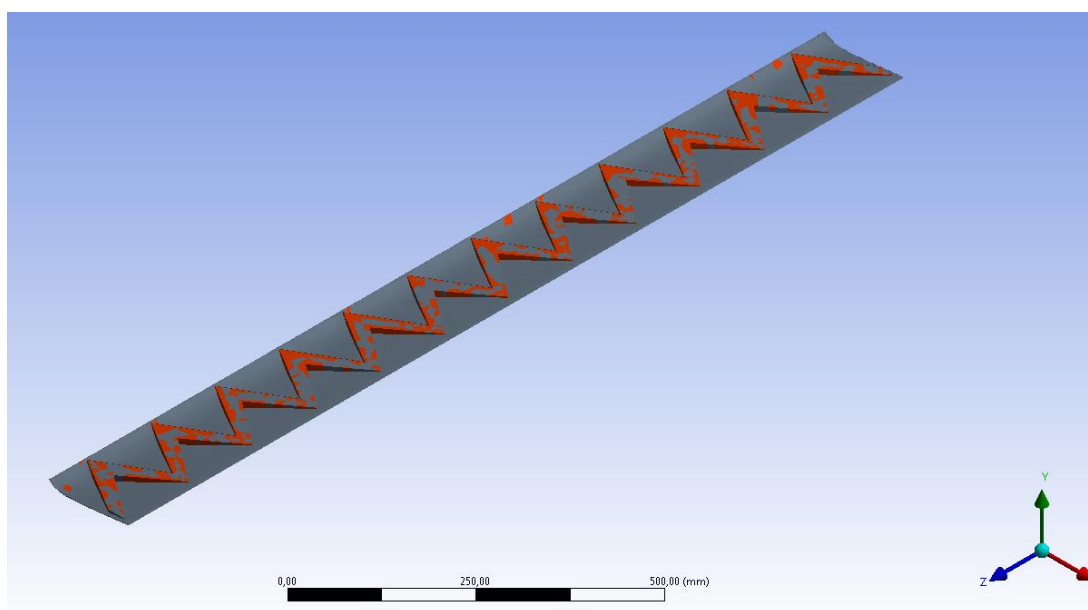


Рисунок 2 – Результат топологической оптимизации лопасти

С другой стороны, боковые стойки основания не имеют определенной топологии. В этом случае, топологическая оптимизация применяется для формирования контура конструкции, по которой она будет сформирована. Как только будет сформирована параметрическая модель, на основании контура, запускается процесс многокритериальной оптимизации.

Для наглядности целесообразности применения данной методики оптимизации в таблице ниже приведены промежуточные результаты оптимизации боковой опоры

Таблица 1 – Результаты оптимизации геометрии боковой опоры

	Масса, кг	Максимальное напряжение, мПа	Максимальная деформация, мм
Исходная конструкция	123	3.2	0,14
Топологическая оптимизация	91	1.3	0,16
Многокритериальная оптимизация	83	1.2	0,3

В результате топологической и многокритериальной оптимизаций было достигнуто значительное снижение материалоемкости конструкции с относительно небольшими изменениями максимальных деформаций.

Стоит отметить, что топологическая оптимизация, без предварительно определенной топологии формирует модель ориентируясь только по значению напряжения в объеме материала. При таком подходе не может быть гарантирована оптимальность формируемой топологии конструкции, а только лишь минимальные массовые характеристики. Предварительное формирование топологии конструкции и нахождение оптимальных пропорций с помощью инструментов многокритериальной оптимизации могут дать общий вектор для формирования конечной геометрии оптимизируемой детали, который в свою очередь на последующих этапах оптимизации может быть доработан механизмами топологической оптимизации. Ниже приведены блок-схемы алгоритмов оптимизации объектов с определенной заранее топологией геометрии (рисунок 3) и для конструкций только лишь с определенными точками приложения нагрузок и фиксаций.

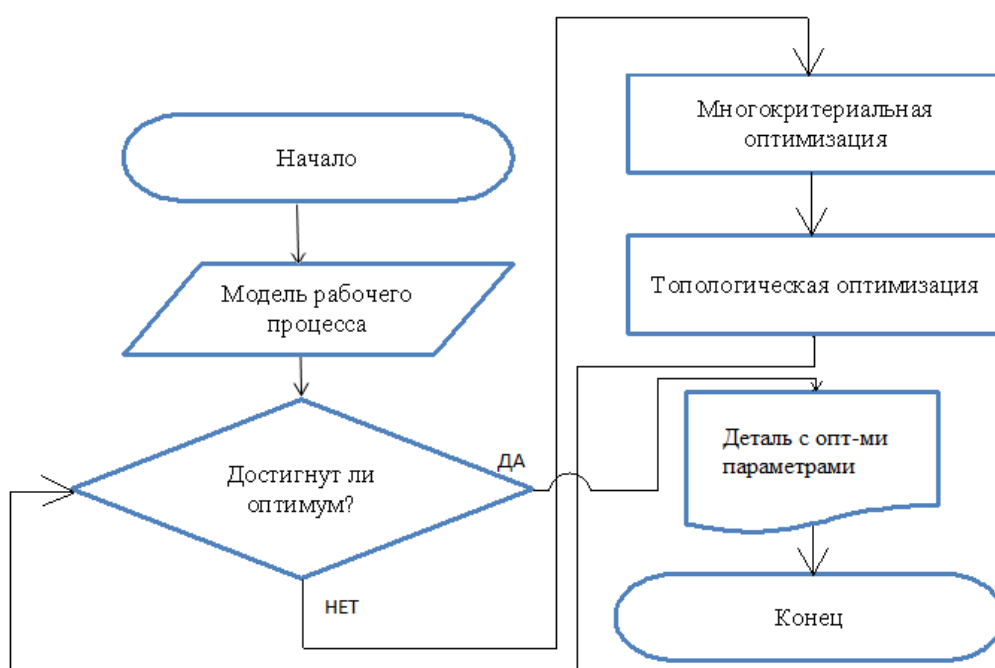


Рисунок 3 – Последовательность применения инструментов оптимизации геометрии детали с заранее определенной топологией

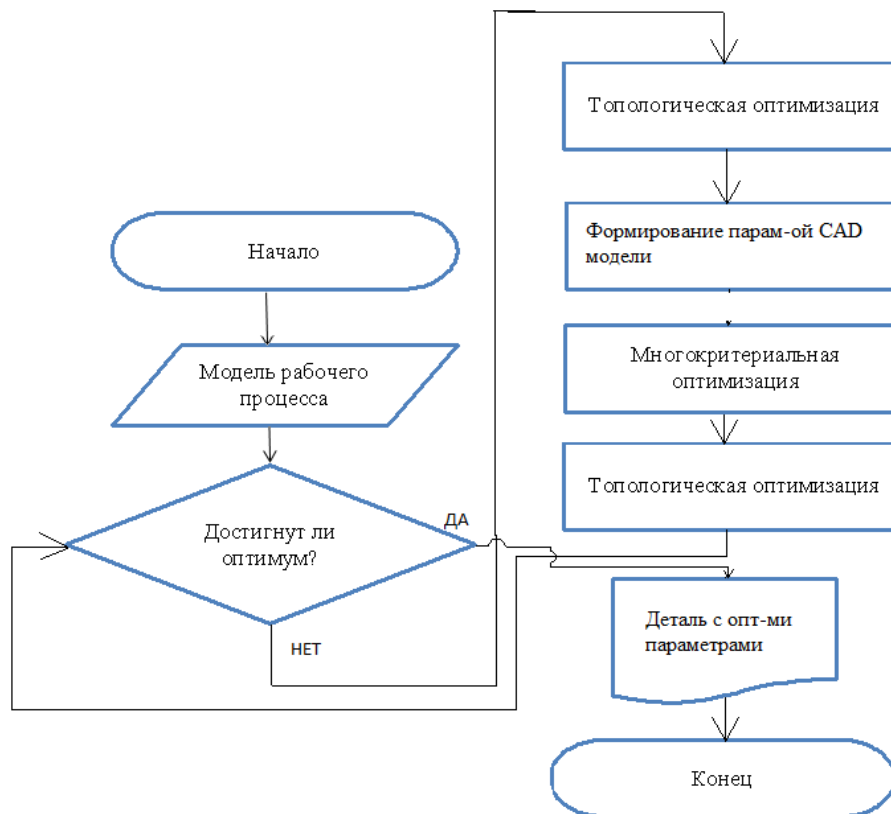


Рисунок 4 – Алгоритм формирования геометрии в заданном домене, с последующей многокритериальной оптимизацией

Стоит отметить что, процесс параметризации полученного контура производится вручную. В рамках данной работы не было поставлено задач по автоматизации процесса корректного распознавания полученного объема. Эта задача является потенциальным направлением для дальнейших исследований.

Третья глава В третьем разделе квалификационной работы сделан обзор альтернативных вариантов производства для ряда оригинальных деталей, которые на данный момент требуют значительных трудозатрат.

Рассмотрена технология быстрого прототипирования, которая способна существенно снизить затраты на производство таких критичных деталей как лопасть и траверсы турбины. Кроме этого рассматривается технология штампования лопасти, с последующим применением диффузионной сварки.

Обзор технологий изготовления ограничен получением ориентировочных цен на производство деталей в рамках мелкосерийного производства. Вопрос проработки технологического процесса не рассматривается.

Ниже приведена сравнительная таблица, в которой приведены временные и материальные затраты на изготовление одной лопасти. Стоимость изготовления рассчитана с использованием усредненных расценок на территории РФ.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика технологий изготовления для лопасти турбины микроГЭС

	Текущая стоимость изготовления, т.руб.	Трехмерная печать, т.руб.	Штамповка с применением диффузионной сварки, т.руб.
Лопасть микро-ГЭС	28	4	33

Таким образом, анализируя таблицу 2 можно убедиться, что стоимость изготовления лопасти с применением технологии быстрого прототипирования, в рамках мелкосерийного производства, существенно ниже.

Четвертая глава описывает процесс подготовки и проведения натурного эксперимента. Главной целью проведения эксперимента является наглядное подтверждение достоверности разработанных численных и аналитических моделей описания и оптимизации критичных узлов микроГЭС. В частности, в проводимом эксперименте рассматривается вопрос прочности конструкции лопасти после оптимизации и состоятельности рекомендаций к проектированию, составленных в первой главе данной работы.

Перед погружением установки в водоем, лопасть предварительно была испытана на статический прогиб. Величина нагружения лопасти была эквивалентна нагрузке, применяемой в математической модели нагружения.

Заключение

При выполнении настоящей работы получены следующие научные и практические результаты:

1. На основе созданной модели устойчивости микроГЭС, учитывающей взаимодействие турбины с потоком были сформированы модели оптимизации как для отдельно взятых критичных деталей, так и для целых узлов конструкции;

2. С помощью составленной модели оптимизации с предварительным формообразованием детали и последующей многокритериальной оптимизацией были получены габаритные модели для боковых опор и основания микроГЭС;

3. Разработанный алгоритм управления моделью оптимизации позволяет детально варьировать критерии оптимизации, такие как масса, максимально-допустимые перемещения выбранных элементов во время рабочего процесса и т.д;

4. Модель оптимизации конструкции позволила значительно снизить массовые характеристики конструкции и, в отдельно взятых элементах сформировать оптимальную топологию, по которой, в дальнейшем, были спроектированы модели.

5. Были предложены рекомендации для проектирования и технологии производства критичных деталей микроГЭС. Более подробно была рассмотрена ключевая деталь – лопасть турбины. Были проанализированы наиболее доступ-

ные и экономичные способы изготовления и предложена альтернативная технология изготовления лопасти. Таким образом, была значительно снижена стоимость изготовления лопасти с использованием трехмерной печати, что повышает конкурентоспособность все установки.

Основные публикации по теме диссертации:

Основные положения диссертации отражены в публикациях: общее количество работ – 4. список основных научных работ:

1. Лепп Э. И. Моделирование устойчивости турбины конструкции микроГЭС // Сборник материалов IX всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука», секция «Информатика: Системный анализ, автоматизация и управление»: Красноярск, 2013.

2. Лепп Э. И. Снижение материалоемкости лопасти микроГЭС с использованием топологической оптимизации её геометрии // Сборник материалов региональной научно-технической конференции магистрантов «Специальное инженерное образование – подготовка современных инженерных кадров»: Красноярск, 2013.

3. Лепп Э.И., Воног В.В. Моделирование устойчивости турбины конструкции микроГЭС// Сборник материалов IX всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука», секция «Профессионально-ориентированный иностранный язык»: Красноярск, 2013.

4. Лепп Э.И. Применение топологической оптимизации для формирования оптимальной балочной конструкции // Сборник материалов X всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука», секция «Машиностроение»: Красноярск, 2014.