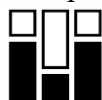


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль 03.06.01 Физика и астрономия / 01.04.14

Теплофизика и теоретическая теплотехника

Школа Инженерная школа энергетики

отделение Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научно-квалификационной работы

**ТЕРМИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И ЗАЖИГАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТОПОЧНЫМ УСТРОЙСТВАМ
ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ И КОТЕЛЬНЫХ**

УДК 621.71:621.311.22:697.34

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A8-11	Косторева Анастасия Андреевна		

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Коротких Александр Геннадьевич	д.ф.-м. н., доцент		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Заворин Алесандр Сергеевич	д.т.н., профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Кузнецов Гений Владимирович	д.ф.-м.н., профессор		

В настоящее время все большее внимание мирового сообщества уделяется проблемам экологии и глобального потепления. Последнее проявляется в повышении уровня «экологического» дискурса в информационном поле. Это даже стало влиять на формирование политического представительства в ведущих (экономически развитых) странах Европы (партия зеленых в Европейском союзе) и США (демократическая партия). Такая ситуация создает предпосылки для более активного внедрения в цикл производства электроэнергии возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и энергоносителей. К наиболее перспективным ВИЭ относится древесная биомасса. Анализ публикаций в мировой научной периодике показывает, что только за последние 5 лет в международных высокорейтинговых научных журналах опубликовано более 1 000 работ по энергетическому использованию (в том числе и сжиганию) древесной биомассы. Но пока нет оснований для вывода о том, что установлены все основные закономерности горения частиц древесины. Мотивация к проведению исследований термической подготовки и заигания древесной биомассы обусловлена многообразием возможных форм частиц древесной биомассы, использующейся в реальной теплоэнергетике. Древесная биомасса с каждым годом становится все более перспективным топливом для тепловых электростанций, пока работающих с использованием угля. Но применение древесины в качестве основного топлива ТЭС сопряжено с решением ряда технологических и фундаментальных задач.

Анализ информационного поля последних 10 лет показывает, что все большее внимание мирового сообщества ученых и экономистов уделяется решению глобальных экологических проблем человечества: в частности, проблеме глобального изменения климата. Это обусловлено ускорением таяния льдов Арктики и Антарктики и ростом числа природных катастроф (например, природных пожаров и ураганов). Такая ситуация создает предпосылки для принятия волевых политических решений по интенсификации внедрения в общий баланс производства тепловой и

электрической энергии новых экологических чистых (так называемых возобновляемых - ВИЭ) источников энергии. К последним относятся ветровые электростанции и фотоэлектрические преобразователи. Но, несмотря на все декларируемые сторонниками этих ВИЭ преимущества, последние, скорее всего, в ближайшей (и можно обосновано полагать, что и в среднесрочной тоже) перспективе не станут основой энергетических систем будущего. Если проанализировать значений EROI для самых современных видов ВИЭ, то можно отметить, что для ветровых электростанций EROI не превышает 3, а для солнечных батарей он может быть меньше 1 (около 0,81 по данным). Другими словами, фотоэлектрические преобразователи, в основном, являются поглотителями энергии, если рассматривать полный цикл «изготовление – работа – утилизация». Можно обосновано предположить, что будущее энергетики, скорее всего, - гибридная и адаптивная энергетическая система, включающая в себя традиционные (тепловые и атомные электрические станции, обеспечивающие базовую энергетическую нагрузку) и нетрадиционные (ВИЭ – ветро-электрогенераторы, солнечные батареи или более экзотические – приливные ГЭС) источники энергии. Главным элементом такой системы будут являться высокоёмкие энергонакопители (например, гидроаккумулирующие ГЭС, супермаховики, механические гравитационные накопители, литий-ионные аккумуляторы и др.). Также неотъемлемой частью энергосистемы будущего будут распределители энергии (на базе вычислительных систем, работающих на самообучающихся алгоритмах с применением распределенных вычислений). Но такие энергетические системы будут, скорее всего, обладать большой цикломатической сложностью (с числами Бетти порядка нескольких десятков) и всеми свойствами графа не Эйлера типа.

В этой связи более перспективным (а может и самым перспективным) возобновляемым источником энергии является биомасса (отходы деревопереработки и сельского хозяйства, а также лесной горючий материал). Древесная биомасса имеет несколько вполне очевидных значимых

преимуществ, как по сравнению с традиционными энергоносителями (уголь или нефть), так и с ветрогенераторами и солнечными батареями. Во-первых, древесина является единственным углерод-нейтральным топливом. При ее сжигании формируется диоксид углерода, который не нарушает общего баланса CO₂ в мировом геохимическом цикле углерода. Во-вторых, древесная биомасса является относительно дешевым источником энергии: древесина различных видов и пород произрастает практически во всех (за исключением Антарктики и пустыни Атакама) регионах планеты. Соответственно, можно обосновано предположить, что более активное внедрение в энергобаланс древесной биомассы приведет к сглаживанию ценовой «турбулентности» на основных мировых торговых площадках, на которых торгуются энергоносители. В-третьих, (очень важное преимущество), древесная биомасса, как правило, практически не содержит серы (во всяком случае много меньше чем у углей). Соответственно, при ее сжигании образуется значительно меньше по сравнению с углями SO_x. Также по результатам экспериментальных исследований установлено, что при совместном сжигании угля с биомассой существенно снижаются концентрации оксидов азота и серы в дымовых газах таких смесей по сравнению с процессами горения однородного угля.

Все перечисленные выше преимущества создают предпосылки для активного внедрения биомассы в общий баланс тепло- и электрогенерации. Но при этом необходимо подчеркнуть, что активные попытки использования древесных отходов в качестве топлива (в странах ЕС опыты по сжиганию древесины проводились более чем на 150 ТЭС) не привели к ожидаемым результатам во всех экспериментах. На настоящее время в мире насчитывается не более 15 ТЭС, работающих на древесной биомассе. Последнее обусловлено рядом объективных и субъективных причин. К объективным относится относительно низкая теплота сгорания биомассы: при сжигании даже самой теплотворной древесины (береза) выделяется тепла меньше чем при сжигании самого низкосортного (бурого) угля

($Q_c^{bio} \cong 22 \cdot 10^6 < Q_c^{lig} = 27 \cdot 10^6$ Дж/кг). Также стоит сказать, что древесная биомасса, как правило, влажная (на практике максимальная влажность может достигать 80%). Соответственно, сжигание такой биомассы приводит к существенному снижению эффективности котельного агрегата.

К субъективным относится проблема логистического обеспечения топливоподачи на ТЭС. Но анализ публикаций последних 10 лет, посвященных проблемам использования биомассы в энергетике, показывает, что главной (или одной из самых главных) проблемой внедрения древесной биомассы является отсутствие общей теории процессов зажигания и горения частиц древесной биомассы в условиях высокотемпературного нагрева.