МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Марийский государственный технический университет

РЕФЕРАТ

Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства

Соискатель

Громов Алексей Витальевич

Йошкар-Ола 2009

# **Содержание**

Содержание

Введение

1. Состояние вопроса

1.1 Цели, задачи, процессы сушки древесины

1.2 Задачи исследований

2. Основные исходные данные

2.1 Существующая технологии сушки пиломатериалов

2.2 Энергетическое использование отходов производства предприятий деревообрабатывающей промышленности

3. Определение типа конструкции лесосушильной установки

4. Подбор энергетической установки для лесосушильной камеры М-1

4.1 Обзор энергетических установок

4.2 Характеристика и преимущества энергетической установки Прометей-60

4.3 Схема энергетического комплекса Прометей

Основные выводы и рекомендации

# **Введение**

Актуальность темы проекта. Сложившееся в настоящее время ситуация в стране привела к резкому повышению стоимости различных источников энергии и, в первую очередь, источников электроэнергии. Кроме того, развитие предпринимательства и малого бизнеса создает предпосылки для формирования больших объемов технологических отходов. Прежде всего, это относится к таким отраслям производства как лесная и деревообрабатывающая промышленности. В процессе лесозаготовки и деревообработки образуется большое количество древесных отходов в виде сучьев, веток, щепы и особенно древесного опила.

Таким образом, переход на альтернативные источники теплоснабжения технологических процессов, в условиях высокой стоимости электроэнергии, с помощью установок, использующих в качестве топлива древесину и ее отходы, является актуальной задачей современной энергетики. Особенно это касается тех технологических процессов, которые связаны с обработкой переработкой древесины, и в, первую очередь, с ее сушкой.

Анализ литературных источников показал, что современные направления развития лесосушильного оборудования указывают на переход от камер с электрическим нагревом к камерам, источником теплоснабжения которых является сжигание древесного топлива.

Поэтому в настоящем проекте разрабатывается лесосушильная камера с подогревом дымовыми газами, образующимися при сжигании отходов переработки древесины. Камера, которая при этом имеет достаточно хорошие экологические показатели.

Цель проекта. Целью проектирования является разработка лесосушильной камеры для тепловой обработки пиломатериалов, отличающейся использованием альтернативных источников энергетического сырья и способствующей повышению экологических характеристик деревообрабатывающих предприятий, за счет сжигания древесных отходов.

Новизна проекта. Она заключается в создании проекта лесосушильной камеры, адаптированной требованиям современного малого предпринимательства и бизнеса. Использование типовых универсальных методик расчета и правильного подхода к решению проектной задачи, позволяют гибко реагировать на изменение технических требований, со стороны предпринимателей, к характеристикам лесосушильных камер, что дает возможность, на основе предлагаемой методики, рассчитать камеру с произвольными тепловыми параметрами.

Объект проектирования. Объектом проектирования являются альтернативные источники теплоснабжения технологического оборудования для обработки древесины.

Предмет проектирования - лесосушильная камера, снабженная теплообменным аппаратом и с подогревом дымовыми газами.

Методы проектирования. Для проектирования использованы положения теории тепломассообмена и теплопередачи, методики расчета теплообменных аппаратов, методики аэродинамических расчетов, а также методики расчета теплоизоляционных конструкций и выбора технологического оборудования лесосушильных камер.

Достоверность полученных результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных положений и методик расчета, используемых при решении задач тепломассообмена, а также принципов конструирования теплообменных аппаратов.

Практическая значимость. Практическая значимость заключается в разработке лесосушильной камеры, соответствующей современным требованиям предпринимательской деятельности. Составленная методика расчета лесосушильной камеры может быть использована для составления типового ряда малых сушильных установок.

# **1. Состояние вопроса**

## 1.1 Цели, задачи, процессы сушки древесины

Сушка полиматериалов (досок, заготовок) - одна из важнейших неотъемлемых операций в технологических процессах деревообработки, во многом определяющая качество и конкурентоспособность готовых изделий. Древесина, содержащая большое количество воды, легко поражается грибами, в результате чего загнивает. Сухая же древесина отличается большей стойкостью. Понижение влажности приводит к снижению массы древесины и повышению ее прочности.

Сухая древесина, в отличие от сырой, легко отделывается, обрабатывается и склеивается. В результате сушки древесина превращается из природного сырья в промышленный материал, отвечающий самым разнообразным требованиям, которые предъявляются к нему в разных производственных и бытовых условиях.

Сушка древесины относится к отрасли, которая практически не вызывает загрязнения окружающей среды. Своевременная и качественная сушка способствует сохранению лесных запасов.

Процесс сушки заключается в удалении влаги из материала испарением. Сушка древесины может происходить двумя путями :

1 - естественным - на открытом воздухе (атмосферная),

2 - искусственным - в специальных сушильных установках (камерная).

Сушильный агент - среда в сушильной технике, служащая для поглощения и отвода пара, образовавшегося в процессе сушки материала.

Подвод теплоты к объекту сушки осуществляется рабочим телом сушильного процесса - теплоносителем, в качестве которого выступает среда, воспринимающая необходимую для сушки тепловую энергию от внешнего источника и передающая ее сушимому материалу или агенту.

Сушка древесины — процесс удаления влаги из древесины до определенного процента влажности.

Цель сушки: превращение из природного сырья древесины в промышленный материал, с улучшенными биологическими и физико-механическими свойствами.

Задачи сушки древесины следующие: предупреждение изменения линейных размеров древесины, так называемая усушка древесины, которая наблюдается при изменении количества связанной воды (т.е. при снижении влажности до 30%). Считается, что пиломатериалы хвойных пород при сушке от свежераспиленного состояния (W>30%) до транспортной влажности (W=20…22%) усыхают на 3%. Полная объемная сушка составляет 12…15%. Отметим, что тонкие доски усыхают больше, чем толстые.

*Процесс сушки древесины включает следующие процессы*:

Влагообмен — испарение влаги из древесины в окружающую среду.

Влагоперенос — перемещение влаги внутри древесины.

Для сушки необходимо, чтобы происходили оба процесса. Влага от внутренних, сердцевинных слоев должна идти к поверхности (влагоперенос) и удаляться с поверхности (влагообмен). При этом важно, чтобы процессы влагообмена и влагопереноса были бы по интенсивности одинаковыми. Если количество воды, удаляемой с поверхности, будет больше, чем G внутренних слоев, то и усыхание поверхностных слоев будут больше. В результате будет создаваться напряжение между внутренним и внешними слоями. Причем это напряжение будет тем больше, чем больше разница между влажностью сердцевины и поверхности древесины. Напряжения могут приводить к деформациям в древесине и даже к трещинам и разрушениям.

Таким образом, если влагообмен = влагопереносу, то сушка будет проходить без напряжений и деформаций.

Если влагообмен > влагопереноса, то во время сушки возможны слабые напряжения и долговременные деформации.

Если влагообмен >> влагопереноса, то во время сушки возможны сильные напряжения, большие деформации, трещины и разрушения.

Современные технологии предлагают различные устройства для быстрого удаления воды с поверхности древесины. Проблемой является ускорения процесса влагопереноса от сердцевинных к поверхностным слоям древесины.

Влагоперенос внутри древесины происходит под действием различных движущих сил:

- градиент влажности — перемещения влаги (при ее неравномерном распределении в древесине) в направлении понижающей влажности (влагопроводность);

- градиент температуры — перемещение влаги (при неравномерном распределении в древесине температуры) в направлении понижающей температуры (термовлагопроводность);

- перепад давления — перемещение влаги (при избыточном давлении внутри древесины) в направлении понижающего давления.

В любом процессе сушки древесины, перечисленные процессы действуют совместно. Однако сравнительная эффективность и степень воздействия отдельных видов влагопереноса зависит от вида и способа сушки. Во всех случаях, при искусственной сушке древесины перед конструкторами сушильного оборудования стоят три главных задачи:

1.Обеспечить качество сушки, т.е. минимизировать брак от деформаций и трещин.

2.Уменьшить время сушки насколько это возможно.

3.Сократить потребление энергии.

## 1.2 Задачи исследований

Последняя четверть прошлого столетия и начало нынешнего ознаменовались энергетическим кризисом. Вначале он коснулся преимущественно автомобильной промышленности, но не нужно обладать даром предвидения, чтобы предсказать, что в дальнейшем именно энергетическая проблема будет определять интенсивность развития всех сфер деятельности человека. Вследствие особенностей климата на большей части территории нашей страны человек проводит в закрытых помещениях до 80% времени. Для создания нормальных условий его жизнедеятельности необходимо поддерживать в этих помещениях строго определенный тепловой режим. Помимо создания комфортных условий жизнедеятельности человека тепло необходимо для обеспечения ряда технологических процессов в различных производствах.

Наряду с дефицитом топлива в лесной и деревообрабатывающей промышленности скапливается большое количество первичных и вторичных древесных отходов. Даже при высокой степени их использования всегда остается много некондиционных отходов, которые могут быть употреблены только в качестве топлива. Количество отходов, образующихся, например, на мебельных фабриках, составляет от 45 до 63%.

В настоящее время многие промышленные предприятия оснащаются термо-технологическим оборудованием. Правильно выбранная конструкция котла обеспечивает длительную и бесперебойную работу этого оборудования и, следовательно, всего производства в целом.

Помимо экономической эффективности использование древесных отходов в качестве источника тепловой энергии имеет следующие преимущества:

- высокая реакционная способность древесины позволяет сжигать ее при более низкой температуре, что уменьшает выбросы окислов азота;

- малое содержание серы и фосфора 0,1% позволяет снизить температуру отходящих газов до 110–120°С;

Современные проблемы теплоэнергетического хозяйства требуют оперативности и профессионализма при решении проблем, накопившихся за годы и вновь возникающих. Ни одно направление в теплоэнергетическом хозяйстве нельзя развивать, не учитывая проблемы энергосбережения, не применяя самое современное энергетическое оборудование и энергосберегающие технологии. Во всем мире постепенно отказываются от котельных, работающих на видах топлива, загрязняющих окружающую среду (угле и мазуте). Кроме экологического риска, причиной тому служат малая эффективность и высокая стоимость производства тепловой энергии.

В результате работы деревообрабатывающих предприятий в России ежегодно образуется порядка 70 млн. тонн древесных отходов, большая часть которых, как правило, остается невостребованной, ухудшая пожарную безопасность и экологическую обстановку в местах расположения предприятий. Между тем их можно и нужно рационально использовать.

В условиях, когда наблюдается тенденция роста тарифов на энергоносители, особенно актуальной становится проблема энергосбережения в производственно-хозяйственной деятельности предприятий. Доля энергетических затрат в структуре себестоимости продукции деревообрабатывающего предприятия, потребляющего покупную дорогостоящую тепловую энергию, достигает значительных величин (20–30%), что говорит о высокой энергоемкости производства. В этой связи энергетическое использование древесных отходов на предприятиях деревообрабатывающей промышленности является одним из важных направлений повышения эффективности производства и умелого ведения технологических процессов в рыночных условиях хозяйствования предприятий.

# **2. Основные исходные данные**

## 2.1 Существующая технологии сушки пиломатериалов

Сушка пиломатериала – сложный процесс, закономерности которого определяются явлениями: тепло и влагообмена; теплопроводностью и влагопереносом. Классификация способов сушки пиломатериала основана на особенностях передачи тепла высушиваемому материалу и по этому признаку можно разделить сушильные камеры на следующие виды: конвективные сушильные камеры и диэлектрические сушильные камеры.

В конвективных сушильных камерах тепло к пиломатериалу подводится нагретым воздухом и с помощью его же уносится испаряющаяся влага из пиломатериала за пределы камеры в атмосферу. В конвективных сушильных камерах агент сушки воздух в смеси с водяным паром нагревается, циркулируя через теплообменник с нагретой внешней поверхностью (пароводяной, индукционный, жаротрубный нагрев) или смешиваясь с продуктами сгорания (топочные газы) газообразного, твердого, жидкого топлива (газовые камеры). Конвективные сушильные камеры бывают низкотемпературные и высокотемпературные.

В диэлектрических сушильных камерах тепловая энергия возникает непосредственно в пиломатериалах преобразованием токов высокой частоты (ТВЧ) или сверхвысокой частоты (СВЧ) за счет диэлектрических потерь. Вакуумно-конвективные и вакуумно-диэлектрические сушильные камеры в качестве источника тепла используют электроэнергию.

Как конвективные, так и диэлектрические камеры сушки пиломатериалов могут работать при пониженном давлении (ниже атмосферного), т.е., в вакууме (вторые предпочтительнее).

В аэродинамических бескалориферных сушильных камерах воздух нагревается за счет аэродинамических потерь в роторе центробежного вентилятора и его кожухе. Разновидностью конвективных лесосушильных камер, являются конденсационные лесосушильные камеры.

Конденсационные сушильные камеры. По принципу действия конденсационный метод относится к замкнутому циклу, т.е. сушильный агент совершает циркуляцию без выброса в атмосферу и, соответственно, без подпитки свежим воздухом. Воздух, насыщенный влагой отобранной из древесины, омывает холодную поверхность конденсатора и охлаждается до температуры ниже точки росы. Влага, содержащаяся в воздухе, конденсируется. Конденсационные сушильные камеры с аэродинамическим принципом нагрева являются наиболее перспективными с точки зрения экономичности процесса сушки и стоимости самой камеры сушки. При сушке свежеспиленной древесины 0,25кВтч расходуется на испарение из древесины 1 литра воды, при сушке древесины с низкой влажностью 0,5кВтч – на 1 литр воды. Коэффициент полезного действия таких сушильных камер для сушки древесины, из-за физических свойств хладагента (фреона), понижается при повышении температуры сушильного агента более 45°С. Отмечается высокое качество высушенного пиломатериала, следует учитывать также, что сроки сушки в конденсационных сушильных камерах в 2 раза больше, (при использовании фреона), чем при применении традиционных способов. Так же выпускаются конденсационные сушильные камеры с водо-воздушным теплообменником, сроки сушки пиломатериалов в таких камерах в 2 раза ниже вышеназванных. В настоящее время разработаны и готовятся к производству сушильные камеры с системой конденсации и удаления влаги, основанные на использовании термоэлектрического эффекта. Суть эффекта состоит в том, что при протекании электрического тока в цепи, состоящей из разнородных проводников (термопара), в местах контактов проводников поглощается или выделяется, в зависимости от направления тока, теплота Пельтье. Количество тепла пропорционально току, проходящему через термопару.

Достоинства данных систем:

– высокая производительность - при значительно меньших габаритах и материалоемкости производительность 50 и более литров удаляемой влаги в

час;

– экономичность - энергия, затрачиваемая на холодопроизводство, после удаления влаги возвращается в камеру в виде тепла: так, например, система производительностью 60л/час и потребляемой мощностью 5кВт/час имеет мощность холодопроизводства 4кВт/час, в камеру в виде тепла возвращаются 9кВт/час;

– высокая надежность - ресурс термоэлектрических элементов более 200000 часов (более 20 лет).

Аналогичные устройства могут найти применение не только в сушильных камерах, но и в системах кондиционирования хранилищ готовой продукции (высушенной древесины) для поддержания, до реализации продукции потребителю, влажности, соответствующей равновесной, в широком диапазоне температуры окружающей среды.

Вакуумно-кондуктивные сушильные камеры для сушки пиломатериала. Отличаются от диэлектрических сушильных камер тем, что рабочие электроды выполнены в виде пластин, которыми переложен каждый ряд штабеля. При этом способе сушки продолжительность процесса по сравнению с обычными сушильными камерами сокращается в 3-5 раз. Кондуктивная или контактная сушка пиломатериалов применяется для тонких древесных материалов – шпона, щепы, фанеры и т.п. Древесина при контактной сушке может темнеть снаружи из-за высокой температуры порядка 150°С и получать значительные внутренние напряжения, для снятия которых необходимы специальные пропарочные камеры. Внутренние напряжения из-за неравномерности конечной влажности по толщине материала, обусловленные неравномерностью электромагнитного поля, малая вместимость автоклавов ограничивают распространение камер сушки дерева такого типа.

Вакуумно-конвективные сушильные камеры для сушки пиломатериалов производятся различными заводами в разных модификациях с осевыми или с центробежными вентиляторами. Нагрев воздуха осуществляется с помощью горячей воды, циркулирующей в радиаторах. Целесообразность применения вакуумной сушильной камеры обусловлена спецификацией высушиваемого материала. Этот способ рентабелен при сушке до 500 м³ в год для твердолиственных пород больших, свыше 60х60 мм. сечений, когда продолжительность процесса является существенным фактором. Вакуумно-конвективные сушильные камеры наиболее перспективны для сушки пиломатериалов, с точки зрения ускорения процесса сушки.

*Вакуумно-диэлектрические камеры для сушки пиломатериала СПВД*

Сушильные камеры СПВД представляют собой автоклав диаметром 2,6м. с размещенными внутри рабочими электродами, между которыми на тележке помещается высушиваемый материал. Испаренная из древесины влага удаляется из камеры в виде конденсата. Циркуляция воздуха в сушильных камерах отсутствует, поэтому штабель формируется пакетом без прокладок. Продолжительность сушки в таких сушильных камерах в 10-12 раз ниже, чем конвективным способом. Недостатком таких сушильных камер сушки древесины являются: небольшие объемы загрузки; высокая стоимость сушильной камеры; неравномерность конечной влажности древесины, энергоемкость процесса. Расход электроэнергии на процесс диэлектрической сушки достигает 900-1000кВтч на 1 кубический метр высушенного пиломатериала или 3-3,5кВтч на 1 литр испаренной влаги.

*Аэродинамические сушильные камеры.* Получили широкое распространение из-за относительно невысокой стоимости, простоты конструкции, надежности в эксплуатации, не требуют специфических знаний обслуживающего персонала, рентабельны в малых предприятиях при сушке до 2000м³ в год хвойных пород. Недостатками являются:

1) высокая энергоемкость процесса сушки, при сушке свежеспиленной древесины на испарение 1 литра воды потребуется 1,15-1,3кВтч. электроэнергии (240-290кВтч/м³).

2) отсутствует регулировка температуры, можно только замедлять скорость ее повышения путем изменения проходного сечения всасывающего отверстия центробежного вентилятора.

3) нельзя организовать технологический процесс согласно расписания режимов "Руководящих технических материалов по технологии камерной сушки древесины".

*СВЧ-сушильные камеры*. Сушка древесины в сушильных камерах происходит за счет электрических потерь токов высоких частот.

Несмотря на значительное сокращение продолжительности сушки пиломатериалов в СВЧ – сушильных камерах, например: дуб – толщиной 35мм. высыхает за 2,5 суток, перспективы их распространения невелики, из-за больших энергетических затрат (600-900кВтч/м³), малого ресурса работы магнетронов (около 600 часов), трудностей контроля процесса, отсутствии технологии, высокой стоимости сушильной камеры.

Конвективные сушильные камеры на отходах деревообрабатывающего производства. Наиболее распространенный способ сушки в воздушной или газопаровой среде.

Этот вид сушки основан на передаче теплоты древесине путем конвекции от газообразной среды.

В настоящее время, конвективные сушильные камеры остаются самыми востребованными из-за рентабельности, невысокой стоимости, малого потребления электроэнергии, изученности технологического процесса, высокого качества высушенных пиломатериалов, просты в обслуживании и надежны в работе.

## 2.1 Энергетическое использование отходов производства предприятий деревообрабатывающей промышленности

В деревообрабатывающей промышленности основным потребителем тепла являются лесосушильные камеры. Однако, тепло необходимо не только для лесосушильной камеры, но и для теплоснабжения производственных площадей и зданий, получения горячей воды, воздуха, пара. При сушке пиломатериалов в лесосушильных камерах, применяются водогрейные, паровые котлы и теплогенераторы, использующие дорогостоящие: электроэнергию, каменный уголь, мазут, природный газ. Так как речь идет о деревообрабатывающих предприятиях, то гораздо дешевле работать на отходах собственного производства. Тем более, что вырабатываемый из отходов древесный газ, по своим качественным характеристикам, равноценен природному. Газогенераторные установки предназначены для превращения низкосортного, бросового топлива, состоящего из отходов деревообработки - древесной щепы, опилок, обрезков, стружки, горбыля, а также торфа, шелухи подсолнечника, проса, отходов ламината и упаковки пищевых продуктов в высококалорийное топливо. Из топлива можно получать и тепловую и электрическую энергию. При работе газогенератора в составе твердотопливного котла можно сжигать отходы практически любой длины. Одновременно решаются экологические проблемы и утилизации отходов, снижается себестоимость выпускаемой продукции.

В основу работы газогенератора заложен принцип преобразования твердого топлива в газообразное под воздействием высокой температуры без доступа кислорода. В результате процесса, называемого пиролизом, вырабатывается генераторный, древесный газ. Минимальная теплотворная способность газа составляет 1100 ккал/м³. Газогенераторная установка предельно проста по конструкции, не требует специально обученного обслуживающего персонала в эксплуатации. Газогенераторная установка состоит из трех основных частей: камеры газообразования, камеры возгорания и загрузочного бункера. Детали установки, работающие при повышенных температурах изготавливаются из жаропрочных материалов. Анализ затрат на отопление сушильных камер и промышленных зданий и сооружений, применяющих газогенераторные установки показывает, что затраты на топливо в 3 - 25 раз меньше, чем при традиционном его сжигании в котлах или отоплении электронагревательными установками.

При использовании в качестве топлива отходов деревообработки собственного производства экономический эффект возрастает. Опыт эксплуатации отопительного оборудования с использованием газогенераторов в составе сушильных камер показал, что срок их окупаемости находится в пределах от 2-х месяцев до 1 года. Наше предприятие производит газогенераторы, предназначенные для выработки генераторного древесного газа с целью сжигания данного газа и получения электрической и тепловой энергии в газодизельных электростанциях. Выпускаются также газогенераторные установки с сжиганием полученного газа непосредственно в топке котла. Любое исполнение имеет свои достоинства и недостатки.

*Прямоточные газогенераторы*

Прямоточные газогенераторы позволяют сжигать вышеназванные виды топлива и обрезки деревообработки от 0,5 до 1,5 метра длиной (в зависимости от мощности газогенератора) и любой влажности. Основным недостатком данных газогенераторов являются габаритные размеры и вес, затрудняющие транспортировку. Поэтому производственный выпуск прямоточных газогенераторов ограничивается мощностью до 350 КВт.

*Вихревые газогенераторы*

Применение вихревых газогенераторов существенно расширило область использования утилизаторов отходов. При увеличении мощности газогенератора его габаритные размеры и вес значительно снизились относительно прямоточных газогенов. Благодаря этому стало возможным изготовление и транспортировка газогенераторов мощностью от 0,125 до 5 МВт. За счет охлаждения стенок газогенератора вторичным воздухом и формирования высокотемпературного конуса горения в центральной части, увеличился срок службы газогенератора без ремонта. Топка позволяет сжигать следующие виды топлива: опилки, стружку, древесную щепу, кору, лузгу подсолнечника и тд. Загрузка топлива в вихревые газогенераторы шнековая, отсюда вытекают требования к топливу - размер фракции не более 50х40х10мм (при стандартном диаметре шнека). Фракция возможна и больших размеров, при заказе размер фракции специально оговаривается. Температура сгорания 1300°С достигаемая при влажности топлива 40% (влажность опилок при распиловке древесины в свежесрубленном состоянии). При КПД топки = 0,8 реальная температура газов будет около 1200°С. При этом достигается оптимальное содержание двуокиси углерода СО2. При уменьшении влажности топлива, мощность газогена увеличивается. При увеличении влажности топлива, мощность теплогенератора падает. Главное отличие вихревых газогенераторов от импортных автоматических систем сжигания отходов, заключается в большей приспособленности к отечественным условиям эксплуатации. Теплогенераторы нашего производства работают на отходах любой влажности вплоть до теоретически возможной. Объясняется это конструктивными особенностями топочных устройств. По своей классификации по методу сжигания топлива топочные устройства данных газогенераторов относятся к слоевым, вихревым. По конструктивному расположению по отношению к поверхности нагрева котла - к внешним топкам. При слоевом способе процесс горения стабилизируется при неоднородности топлива по влажности, сглаживаются провалы по температуре горения и, исключается вероятность прекращения процесса горения при попадании партии опилок повышенной влажности. За время своего перемещения топливо подсушивается, газифицируется и загорается. Для дожигания вынесенных из слоя турбулентным, первичным воздухом горящих частиц, предусмотрена подача вторичного воздуха по специальным каналам, расположенным тангенциально по отношению к камере сгорания. Под действием центробежных сил, возникающих при вращении воздуха, несгоревшие частицы топлива отбрасываются к цилиндрическим стенкам камеры и продолжают многократное вращение до своего полного выгорания. В слоевых топках более надежна и долговечна работа самого шнека, т.к. в зоне зеркала горения он находится только в период растопки газогенератора. В основное рабочее время он постоянно закрыт слоем опилок разной влажности толщиной от 300 до 450 мм. Слоевой метод сжигания топлива обеспечивает равномерное горение топлива любой влажности, т.к. подача топлива в топочное устройство производится снизу и, слой топлива постепенно перемещается в верхнюю часть, в зону активного горения. На подготовку топлива уходит больше времени, поэтому процесс горения не прекращается даже при влажности топлива 140% (практические данные, полученные на установках, отапливающих наши собственные производственные цеха), когда влаги больше количества сухой древесной части.

Принципиальная схема теплогенератора сушильной камеры с вихревым газогенератором.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1.Твердотопливный (газовый) котел. 2.Камера горения. 3.Вихревой газогенератор. 4.Подача первичного воздуха. 5.Расходный бункер.6.Шнековый транспортер. 7.Редуктор. 8.Электродвигатель. |

*Факельные газогенераторы*

Газогенераторы или топки с факельным сгоранием отличает от вихревых и прямоточных меньшее время, отводимое на подготовку топлива. Поэтому у них более жесткие требования к влажности топлива до 40% и более мелкий размер фракции. Как прямоточные и вихревые, газогенераторы с факельным сгоранием - бесколосниковые. Хотя теплонапряженность топочного пространства у данных газогенов выше, ломаться в них практически нечему. Габаритные размеры у таких топок значительно меньше, чем у вышеперечисленных, а значит и стоимость гораздо ниже. При наличии на деревообрабатывающем предприятии в достаточном количестве сухих стружек и опилки, топки с факельным сгоранием предпочтительнее из-за меньших габаритов и большей рентабельности. КПД факельных газогенераторов - 70%. Часть шнека, находящаяся в непосредственной близости от открытого пламени, помимо охлаждения первичным воздухом для увеличения срока эксплуатации, изготавливается из жаропрочных сплавов.

Мощностной ряд от 30 КВт до 3 МВт. При изготовлении более мощных по теплопроизводительности газогенераторов, с целью более устойчивой работы установки при неоднородной влажности топлива, возможно изготовление теплогенераторов с совмещенным слоевым и факельным способом горения. Например, при изготовлении газогенератора для сушильного комплекса сушки опилок мощностью 3 МВт, работающего по 3х сменному графику, была увеличена слоевая составляющая. Габариты установки с учетом системы искрогашения несколько увеличились, зато увеличилась надежность системы в целом.

*Твердотопливный котел с факельным газогенератором*



# **3. Определение типа конструкции лесосушильной установки**

В наиболее распространенных паровых сушильных установках, потребляющих пар от котельной своего предприятия, сжигающего древесные отходы, на высушивание 1м3 древесины расходуется в среднем 0,4 м3 влажного древесного топлива.

Уменьшение теплопотерь в сушильной установке может быть осуществлено за счет сокращения звеньев преобразования тепла. Например, путем сушки непосредственно дымовыми газами или сушки с помощью воздуха, нагреваемого в огневом калорифере.

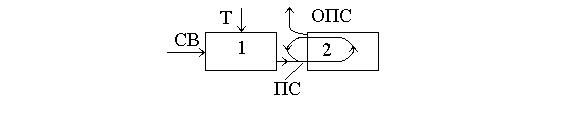


Рис 2.1. Структурная схема преобразования тепла на основе газовой сушильной установки с прямым использованием тепла: СВ-свежий воздух; Т-топливо; ПС-продукты сгорания; ОПС-отработанные продукты сгорания; 1-топка; 2-высушенный материал

Удельный расход влажного древесного топлива при таких схемах преобразования тепла составит около 0,2 м3 на 1 м3 высушиваемых пиломатериалов. Общий КПД для сушильных установок по проведенным схемам составляет 0,4.

При производительности сушильных камер в пределах 15…1300 условных пиломатериалов в год на сушильную камеру, она относится к малым камерам или камерам малой мощности.



В малых камерах (с невысокими штабелями) наблюдается повышенное коробление пиломатериалов во время сушки

Поэтому необходимо прижимать штабеля над верхними прокладками с силой не менее массы пяти рядов высушиваемых пиломатериалов. В рассчитываемом случае эта масса составляет (по дополнительному пригрузу) не менее 2700 кг.

Малые камеры обладают значительной удельной поверхностью ограждений по отношению к объему загружаемых пиломатериалов, поэтому в них необходима тщательная герметизация и теплоизоляция ограждений. Это повышает капитальную составляющую затрат на сушку в малых камерах.

Наиболее близкой по техническим показателям к проектируемой камере является лесосушильная камера М-1, имеющая следующие технические характеристики:

|  |  |
| --- | --- |
| 1) годовая производительность; | 1300/год |
| 2) габарит штабеля (ширина, высота) | 1,82,7; |
| 3) длина штабеля | 6,6м; |
| 4) ширина камеры внутри; | 3,1м |
| 5) вместимость камеры | (t=40мм) 14; |
| 6) часовая подача воздуха | 100 тыс.; |
| 7) живое сечение штабеля | (t=25мм) 8,5; |
| 8) скорость воздуха в штабеле | 3,3м/с; |
| 9) диаметр осевого вентилятора | 16дм; |
| 10) частота вращения вентилятора; | 700мин |
| 11) мощность электродвигателя | 11кВт; |
| 12) тепловая мощность калорифера | 100кВт; |
| 13) то же | 86Мкал/ч. |

# 

# **4. Подбор энергетической установки для лесосушильной камеры М-1**

## 4.1 Обзор энергетических установок

В процессе технологического расчета лесосушильной установки была подобрана лесосушильная камера М-1.

К данной лесосушильной камере необходимо подобрать источник тепла. Воспользуемся модельным рядом энергетических установок Прометей для лесосушильных камер:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Энергетические установки | | | | | |
| Модель | ПРОМЕТЕИ-60 | ПРОМЕТЕИ -120 | ПРОМЕТЕИ -250 | ПРОМЕТЕИ -600 | ПРОМЕТЕИ -1200 |
| Номинальная тепловая мощность, кВт | 60 | 120 | 250 | 600 | 1200 |
| Температура теплоносителя, С0 | до 95 | до 95 | до 95 | до 95 | до 95 |
| Площадь отапливаемого помещения (высота 3,5м), м2 | 400 | S00 | 1700 | 5000 | 12000 |
| Объем сушильной камеры, м3 | до 15 | до 30 | до 60 | до 150 | 300 |
| Потребляемое топливо:  • насыпной объем опилок(стружки), м3/сут  • объем кусковых отходов,м3/сут | 2,5 - 3,0  1,75 - 0,95 | 5,0 - 6,0 1,5 - 1,9 | 10,0 - 12,0 3,0 - 3,8 | 24-30 6-7,6 | 40-50 12- 15 |
| Потребляемая мощность, кВт | 0,55 | 0,75 | 1Д | 3,1 | 6,2 |
| Объем бункера, м3 | 0,6 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2x1,5 |
| Размеры помещения для ЭК, м | 4,0x5,0x2,5 | 4,5x5,5x2,5 | 4,5x6,0x3,0 | 5,5х,5хЗ,5 | 5,5x10,0x4,0 |
| Масса, кг | 1300 | 1950 | 3 000 | 6 000 | 10 000 |

Сравнивая, характеристики лесосушильной камеры М-1 и характеристики модельного ряда энергетических установок Прометей для лесосушильных камер выбираем модель Прометей-60.

## 4.2 Характеристика и преимущества энергетической установки Прометей-60



Энергетические установки на древесных отходах Прометей являются современным оборудованием, предназначенным для сжигания сыпучих древесных отходов с грануляцией до 30 мм и кусковых отходов длиной до 0,7 м. Влажность топлива 6 - 60 %. В состав энергетической установки котла на древесных отходах входят: бункер для сыпучего топлива, шнековый транспортёр подачи топлива, газогенератор, водяной котёл и комплект оборудования системы автоматики энергетической установки. Котлы на древесных отходах Прометей предназначены для нагрева воды в системах теплоснабжения сушильных камер, а так же для отопления жилых и производственных помещений и т.п. Опилки (стружка) или щепа засыпаются в бункер, снабженный ворошителем, и далее поступают в шнековый транспортер, работающий в автоматическом режиме "подача-пауза" в соответствии с заданной на контроллере программой. Шнек осуществляет дозированную подачу топлива в газогенератор, в котором происходит процесс газификации, т.е. процесс практически полного превращения топлива в горючие газы. Факел горящего газа направляется в камеру сгорания котла, в котором происходит нагрев воды. Обрезки и кусковые отходы сжигаются непосредственно в топке котла. Контроллер - программатор обеспечивает поддержание и регулировку температуры теплоносителя с точностью ± 1 ºС. Циркуляция воды в системе обеспечивается насосом.

Принципиальным отличием энергетических установок на древесных отходах Прометей по сравнению с энергоустановками слоевого сжигания, в которых топливо подаётся непосредственно в камеру сжигания водяного котла, является наличие в составе установки газогенератора, имеющего систему автоматического регулирования режима работы. В газогенераторе реализуется простой, хорошо проверенный способ преобразования твёрдого топлива в газообразное. На стадии газификации топливо, подаваемое в дозированном количестве в камеру газообразования, нагревается раскалённым реактором, разлагается на углерод, водяной пар, смолы и масла. Дальнейшая реакция между углеродом и кислородом воздуха обеспечивает температуру, достаточную для образования окиси углерода (СО) L главного горючего компонента вырабатываемого газа. Смолы и масла разлагаются на газы, содержащие водород. Минимальная теплотворная способность газа- 1100 ккал/м³.

*Основные преимущества энергоустановок Прометей*



Превращение опилок в горючий газ - газификация топлива обеспечивает практически полное сгорание топлива влажностью от 6 до 70%, в результате чего достигается высокий КПД установки (80-85%).

Превращение опилок в горючий газ - газификация топлива обеспечивает практически полное сгорание топлива влажностью от 6 до 70%, в результате чего достигается высокий КПД установки (80-85%).

Автоматическая шнековая подача топлива обеспечивает равномерное горение и поддерживает высокую точность температуры воды (±1ºС.) в калориферах камеры в широком диапазоне регулирования и как следствие этого высокое качество высушиваемого пиломатериала.

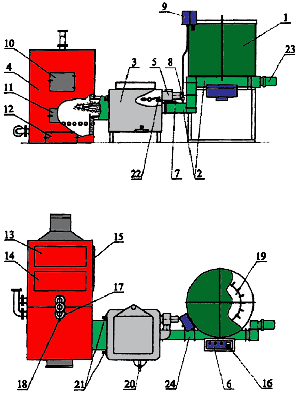
Не требуется установка дымососов с целью подачи в топку необходимого объёма воздуха (особенно при сжигании сырого топлива).

Не требуется установка систем искрогашения и отчистки дымовых газов в связи с практически полным сгоранием топлива (образуется 1% золы).

Бездымное сжигание отходов не требует согласования с санэпиднадзором

Автоматический режим дозированной подачи топлива не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. Автоматическая шнековая подача топлива обеспечивает равномерное горение.

## 4.3 Схема энергетического комплекса Прометей



1 Бункер.

2 Транспортер шнековый механизма подачи топлива.

3 Газогенератор.

4 Котел водяной.

5 Вентилятор наддува.

6 Контроллер, блок управления двигателем редуктора.

7 Датчик температуры воздуха в шнековом транспортере.

8 Насос водяной системы пожаротушения в шнековом транспортере.

9 Резервуар с водой.

10 Дверца топки верхняя.

11 Дверца топки нижняя.

12 Дверца зольника.

13 Люки для очистки дымоходов.

14 Дверца очистки дымоходов.

15 Измеритель-регулятор температуры ИРТ.

16 Датчик максимально допустимой температуры воды в котле.

17 Датчик измерителя- регулятора температуры ИРТ.

18 Ворошитель топлива.

19 Ручка управления воздушной заслонки.

20 Ручки управления заслонками вторичного воздуха.

21 Выключатель концевой.

22 Мотор-редуктор механизма подачи топлива.

23 Затвор шлюзовый.

24 Химический состав генераторного газа

# **Основные выводы и рекомендации**

В результате анализа состояния вопроса установлено, что наиболее соответствующей современному этапу развития экономики, является лесосушильная камера, в которой в качестве источника теплоты используется печь для сжигания древесных отходов.

Изучение классификации существующих сушильных камер позволяет считать наиболее перспективной эжекционно-реверсивную камеру непрерывного действия, в которой улучшение вентилирования камеры достигается путем реверсированием потока воздуха через сопла, создается улучшение равномерности сушки. Камера выбранного типа и конструкции в наибольшей степени соответствует требованиям экологического использования природных ресурсов.