

ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ ИЗ СОЛОМЫ

Положение, технологии и инновации в Дании



Производство энергии из соломы

Положение, технологии и инновации в Дании

Опубликовано	Agro Business Park A/S, Niels Pedersens Allé 2, 8830 Tjele, www.agropark.dk
Обложка	Flemming Nielsen, Story2Media ApS
Автор	Torben Skøtt, BioPress
Редактор	Henning Lyngsø Foged, Agro Business Park A/S
Выполнено	Flemming Nielsen, Story2Media, and Mette Toft Christensen, Agro Business Park A/S

Брошюра **“Производство энергии из соломы. Положение, технологии и инновации в Дании 2011”** изначально готовилась в соответствии с проектом “Объединенная сеть От биомассы к получению энергии”, который софинансировался Региональным европейским фондом развития и Агенством Дании по науке, технологиям и инновациям. Брошюра была выполнена организацией Agro Business Park (менеджер проекта), факультетом естественных наук Датского университета (KU Life), Институтом сельского хозяйства и продовольственных инноваций (Agro Tech), факультетом сельскохозяйственных наук университета Aarhus (DJF), и национальной лабораторией по изучению рациональных способов получения энергии Датского технического университета (Rissh DTU). Поддержку в данной работе оказали: проект Enercoast при финансировании Программы Северного моря Interreg (Interreg North Sea Programme), Центральный регион Дании, Инновационная сеть по биомассе (INBIOM), которая, в свою очередь, софинансируется Агенством Дании по науке, технологиям и инновациям.

Содержание

Энергетическая политика Дании.....	6
Солома как энергоресурс.....	8
Переработка соломы.....	12
Солома для собственной и соседних ферм.....	16
Солома для теплоцентралей.....	20
Солома для теплоэлектростанций.....	24
Вредные выбросы и отходы.....	28
Производство биоэтанола из соломы.....	30
Получение газа из соломы.....	32
Компании-эксперты в области использования соломы как энергоресурса....	34

Энергетическая политика Дании

▷ С 1976 года Дания развернула активную политику в области возобновляемой энергетики, долгосрочной целью которой является независимость от ископаемого топлива, и к 2020 году Дания намеривается стать одной из трех передовых стран в отношении доли использования возобновляемой энергии.

В 1976 году Дания разработала свой первый план “Энергетическая политика Дании - 1976”, и с того времени стала известна как страна, ведущая активную политику в области эффективного и рационального использования энергоресурсов. Сегодня правительство страны ставит цель сделать Данию независимой от ископаемых видов топлива. В соответствии с этой целью к 2020 году Дания намеривается на 30% от общего энергоснабжения перейти на возобновляемую энергетику.

Основанием действующей сегодня энергетической политики Дании является общее Соглашение, принятое большинством парламентариев 21-ого февраля 2008 г. В соответствии с этим Соглашением потребление энергии к 2011 году должно быть сокращено на 2% в сравнении с 2006 годом, при этом доля возобновляемой энергии должна составлять 20%. Срок действия данного Соглашения истекает 1-го января 2012 г., т.е. в течение осени 2011 необходимо принять новый план.

РЕОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Энергетическая политика Дании, которая в 1970-ых практически полностью основывалась на импортируемой нефти и угле, сегодня характеризуется использованием различных энергоресурсов, что означает частичное использование энергии ветра, био-отходов, биогаза и соломы в качестве энергоресурсов. На развитие области энергосбережения повлияли такие факторы, как дополнительное налогообложение на стоимость энергоресурсов; принятые политические соглашения, поддерживающие идею рационального использования энергии; а также освобождение от налогов при использовании биомассы

в качестве источника энергии. Последний фактор оказал значительное влияние на то, что с 1980-ых многие фермы, частные хозяйства и местные теплоцентрали начали переход с нефти на использование биомассы.

В 1993 году большинством парламентариев Правительства Дании было заключено Соглашение относительно использования биомассы. В соответствии с этим Соглашением центральные электростанции должны использовать в качестве энергоресурса 1.4 миллиона тон биомассы в год, из которых 1 миллион тон приходится на солому. Изначально планировалось, что данная цель будет достигнута к 2000 году, но Соглашение пересматривалось несколько раз, что было связано с открытием в 2009 году на одном из датских островов (остров Funen) завода по переработке 170 000 тон соломы в год.

С 1980-ых в Дании начался процесс децентрализации энергетической промышленности страны, что означает производство тепло- и электроэнергии не только на нескольких центральных электростанциях страны, а повсеместно. Теплоцентрали, работающие на избыточной теплоэнергии, сделали Данию одной из наиболее “энергосберегающих” стран в мире. Уровень энергопотребления оставался неизменным в то время, как с 1980 года в стране происходил экономический рост, составляющий 80%.

В 1990 году Парламентом Дании был принят так называемый “Закон о теплоснабжении”. Данный закон уполномочил Министра энергетики регулировать выбор топлива на местных теплоцентралях и децентрализовал теплоэлектростанции.



С 1993 г. центральные электростанции обязуются использовать в качестве энергоресурса 1.4 миллиона тон биомассы в год, из которых 1 миллион тон приходится на солому.



С 1980 г. в Дании происходит процесс децентрализации энергетической промышленности страны, и сегодня электричество и теплоэнергия вырабатываются на многочисленных небольших теплоцентралях.

В результате, многие теплоцентрали, работающие на угле и природном газе, были переоборудованы в теплоэлектростанции, а также многие небольшие теплоцентрали перешли на биотопливо.

КИОТСКИЙ ПРОТОКОЛ

Некоторое время тому назад энергетическая политика воспринималась как внутреннее индивидуальное дело страны, но сегодня, в большей степени, международные события задают тон политики Дании в этой сфере. Происходящие изменения на мировом рынке энергоресурсов, либерализация энергетического сектора и обязательства Дании по Киотскому протоколу оказали значительное влияние на развитие энергетического сектора страны.

Киотский протокол обязывает индустриальные страны в срок с 2008 по 2012 гг. сократить выброс парниковых газов как минимум на 5% в сравнении с уровнем 1990 года. В целом Европейский Союз должен сократить выброс парниковых газов на 8%, хотя каждая страна-член ЕС имеет свои обязательства по Киотскому протоколу. Дания и Германия взяли на себя обязательство сократить выброс в атмосферу парниковых газов на 21%, при этом некоторым странам, к примеру Португалии, Испании, Греции, было разрешено увеличить выброс газов.

Дания является одной из немногих стран, которая ратифицировала пункт 3.4. Киотского протокола. Это означает, что изменения в содержании углерода в почве будут считаться климатическими факторами. Этот фактор немаловажен при использовании биомассы, так как, к примеру, использование соломы снижает содержание углерода в почве, в то время, как многолетние технические культуры, например ива, увеличивают содержание углерода в почве. Ущерб от уборки соломы с посевной площади (солома задерживает углерод) может компенсироваться за счет роста озимых. Выгода от использования соломы в энергетических целях значительно превышает пользу от впитывания соломой углерода из почвы. Несмотря на существующие трудности в принятии общего решения по продлению Киотского протокола после 2012,

страны будут прилагать усилия с целью сократить выброс парниковых газов в атмосферу.

ДАТСКАЯ КОМИССИЯ ПО КЛИМАТУ

В сентябре 2010 года Датская комиссия по климату опубликовала отчет, в котором говорится, что Дания может полностью отказаться от ископаемого топлива к 2050 году без ущерба для экономики страны. Проведенные Комиссией исследования показали, что полный переход страны на использование "зеленой энергии" будет стоить 0.5% от ВВП ежегодно. Более того, использование угля, нефти и газа в качестве энергоносителей не обойдется стране дешевле ввиду постоянно растущих цен на ископаемые виды топлива и квоты на выброс CO₂. Это означает полную компенсацию инвестиций, вложенных в новейшие энергетические технологии, а также независимость страны от импортируемых энергоресурсов.

В соответствии с Датской комиссией по климату, основными элементами "системы зеленой энергетики" станут:

- энергосбережение
- ветровые турбины вдоль берега моря. Они вырабатывают большое количество электроэнергии, что может стать хорошей основой будущей энергетической политики
- Биомасса как энергоресурс (частично в транспортном секторе, частично в производстве электро- и теплоэнергии) играет важную роль в случае перепада выработки энергии ветровыми турбинами
- теплоцентрали и тепловые для отопления жилого сектора
- электричество и биотопливо для транспортного сектора
- рациональное использование электроэнергии

Как устанавливает Датская комиссия по климату, Дания является первой страной в мире по предложению решений проблем изменения климата и энергоснабжения.

В 2011 году на основании отчета Комиссии Правительство Дании представит свои идеи по реализации плана отказа использования ископаемых энергоресурсов.

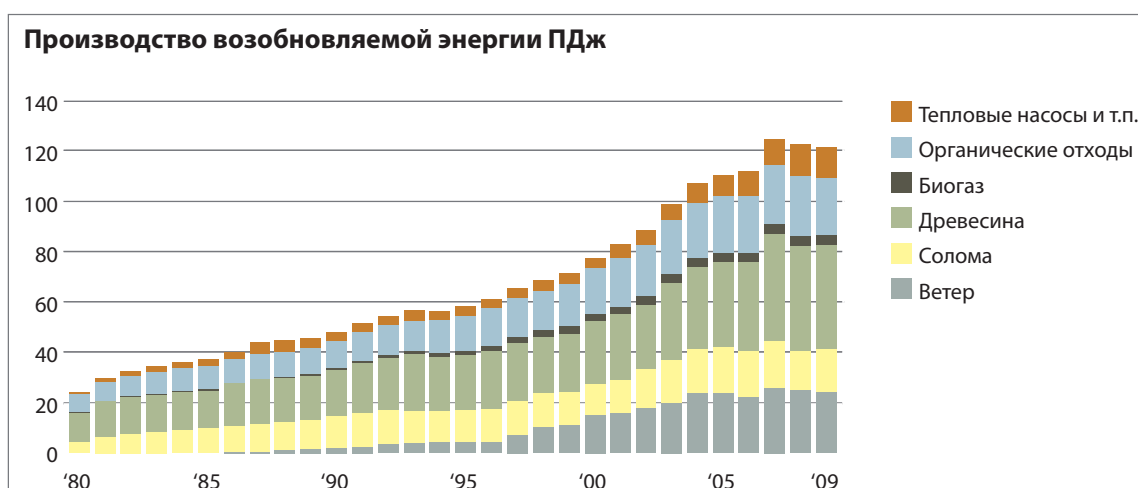


Рисунок 1. Производство возобновляемой энергии в период с 1980 по 2009 гг. Источник: Датское энергетическое агентство.

Солома как энергоресурс

▷ Солома является значительным источником энергии, хотя также и проблематичным типом топлива, вызывающим коррозию в котельных биогазовых установок. Использование соломы с целью получения энергии стало популярным с 1980-ых. Сегодня около 2 миллион тон соломы не используется, и в случае выращивания новых видов культур, избыток соломы станет еще больше.

До недавнего времени солома считалась проблемным отходом, который подлежал утилизации в минимальный срок. Солома, неиспользованная в качестве корма или подстилки для скота, сжигалась прямо на полях после уборки урожая. В 1991 году сжигать солому на полях запретили, и с того времени фермеры начали задумываться над тем, чтобы использовать солому в энергетических целях.

Главным преимуществом соломы при использовании в биогазовом секторе является нейтральность этого топлива относительно выброса CO₂ в атмосферу. Это означает, что сжигание соломы не повышает содержание парниковых газов в атмосфере. Сегодня солома в основном используется в качестве топлива на частных фермерских биогазовых установках, на местных теплоцентралях, а также на крупных электростанциях, но в будущем планируется использовать солому для получения газа и биоэтанола. Компания DONG Energy инвестировала большие деньги на развитие новых технологий получения энергии из соломы, а также построила опытную установку по производству биоэтанола из соломы, и в настоящее время компания занимается разработкой установки по термальной газификации соломы. Основным преимуществом получения газа из соломы является прекрасная возможность ее утилизации в существующих котельных, работающих на угле.

СОЛОМА КАК ТОПЛИВО

Содержание воды в соломе примерно 14-20%, которая испаряется при сжигании. В сухом веществе содержится около 50% углерода, 6% водорода, 42% кислорода, а также небольшое количество азота, серы, кремния, щелочи, хлорида и др.

При использовании соломы в качестве топлива содержание воды в ней не должно превышать 20%. Если доля воды больше, возрастает риск возникновения коррозии и конденсата.

Наличие в газе - от сжигания соломы - хлора и щелочи

приводит к образованию соли и хлорида калия, которые являются очень агрессивными веществами, вызывающими коррозию оборудования, – особенно при высокой температуре. Следовательно, задача состоит в том, чтобы использовать солому с низким содержанием вредных веществ, и в этом огромную роль играет природа. Несвежая солома, долго пролежавшая на поле, неоднократно промоченная дождями и уже потемневшая от влаги, менее агрессивна, чем свежая еще желтая солома.

Зольность соломы составляет 2-10%, средний показатель - 4%. Наиболее низкой зольностью характеризуется солома от культур, растущих на песчаных почвах. Солома, убранная с низменных почв, как правило, имеет наибольшую зольность. Теплотворная способность тем выше, чем ниже зольность соломы. Это значит, что использование соломы с песчаных почв предпочтительнее для получения теплоэнергии.

При сжигании соломы зола становится вязкой уже при 600С0, что важно для электростанций, где высокая температура пара означает высокую эффективность выработки электроэнергии. Новые типы котлов и лучший сплав стали уменьшают риск повреждения оборудования при сжигании соломы, но до сих пор электростанции предпочитают использовать дерево вместо соломы.

РЕСУРСЫ

По сегодняшний день существуют некоторые сомнения в пригодности соломы в качестве теплоносителя. Разумеется, задачей сельского хозяйства является не только снабжение сырьем энергетический сектор, но и производство продуктов питания и кормов для скота, и при этом соблюдение экологических норм, к примеру вымывание питательных веществ из почв и т.д. Если фермер делает выбор в пользу запахивания соломы в землю, то это увеличивает содержание углерода в почве, что влияет на климатические факторы, как уже упоминалось на предыдущей странице.



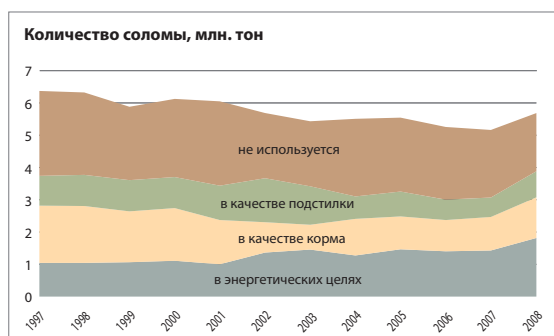


Рисунок 2. Ежегодный сбор соломы и ее использование для различных нужд в Дании. Источник: статистика Дании.

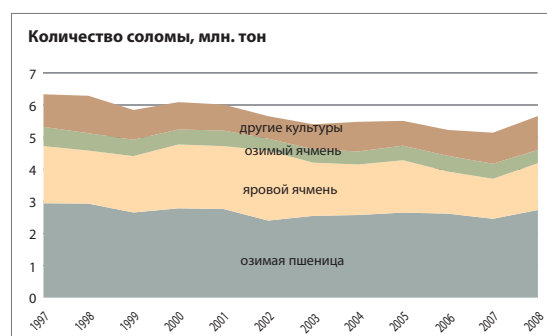


Рисунок 3. Количество соломы после сбора сельскохозяйственных культур. Другие культуры: рапс и другие зерновые. Источник: статистика Дании.

На протяжении нескольких лет в Дании, а также за рубежом проводились различные исследования по определению доступности соломы в качестве энергоресурса. Хотя имеются огромные различия в результатах проведенных исследований, общим является тот факт, что ресурсы соломы намного превосходят ее потребление на сегодняшний день.

Тем не менее, переработка и транспортировка соломы - довольно дорогостоящие мероприятия. Хотя ее ресурсы огромны, экономическая выгода переработки соломы невелика. В то время, как древесина считается международным товаром, солома продается только локально. В принципе, нет никаких препятствий в том, чтобы выпускать соломенные пеллеты и продавать их за рубеж, но на сегодняшний момент это не практикуется.

РЕСУРСЫ ДАНИИ

Фактом, доказывающим наличие огромных ресурсов соломы в Дании, является "Статистика Дании", в которой представлена оценка собранной за год соломы и ее использование в различных целях (См.рис. 2). На рисунке видно, что общее ежегодное количество соломы, убранный в период с 2004 по 2008 гг., составило 5.5

млн. тон., из которых 3.4 млн. тон было использовано в сельском хозяйстве, а также в энергетических целях. Следовательно, избыток соломы ежегодно составляет 2.1 млн. тон.

Возникает вопрос: как точно высчитать избыток соломы, и как может варьироваться количество избыточной соломы в течение нескольких лет?

Количество потребляемой соломы на корм скоту и для подстилки каждый год может быть разным, но при рассмотрении продолжительного периода времени разница практически незаметна. Если один год наблюдается тенденция оставлять солому на полях, то, следовательно, снижается предложение соломы для энергетического сектора - в особенности, если инициатива запахать солому в почву принята на политическом уровне.

Площадь сельскохозяйственных земель под зерновыми практически остается неизменной, хотя собранный урожай может быть разным из года в год. Ежегодная разница в урожае зерновых является основным фактором нестабильности запаса соломы.

Топливный показатель соломы, древесных опилок и угля. Желтая солома была убрана с поля сразу же после уборки зерновых. Темная солома была вымочена дождем до того, как ее убрали с поля.

	Желтая солома	Темная солома	Древесные опилки	Уголь
Содержание воды	10-20%	10-20%	40-50%	12%
Зола	4%	3%	1%	12%
Углерод	42%	43%	50%	59%
Водород	5%	5%	6%	4%
Кислород	37%	38%	38%	7%
Хлорид	0.75%	0.20%	0.02%	0.08%
Азот	0.35%	0.41%	0.30%	1.00%
Сера	0.16%	0.13%	0.05%	0.80%
Теплотворная способность	14.4 МДж/ кг	15.0 МДж/ кг	10.4 МДж/ кг	25.0 МДж/ кг



Соотношение солома-зерно в большей степени зависит от сорта культуры. При выборе сорта озимой пшеницы, дающего большее количество соломы, общий сбор соломы увеличится на 800 000 тон в год.

УРОЖАЙ ЗАВИСИТ ОТ СОРТА КУЛЬТУРЫ

Проведенные опыты с озимой пшеницей в 2008 году показали, что отношение солома-зерно в основном зависит от сорта культуры. Из 10 сортов озимой пшеницы, разница в количестве соломы составила 35-53 кг на 100 кг зерна, т.е. выбор сорта пшеницы может стать одним из факторов для определения избытка соломы. Более того, опыты с удобрениями показали, что доля соломы тем меньше, чем больше удобрений было внесено в почву. Но так как внесение удобрений строго ограничивается официальными нормами, то фактор удобрений не играет существенной роли в этом вопросе.

На рисунке 3 показано количество соломы от различных сельскохозяйственных культур (информация взята из "Статистики Дании"). Даже небольшое изменение в соотношении зерно-солома может дать значительную разницу в количестве убранной соломы. Если получить на 1 кг соломы больше с каждых 100 кг зерна, то общее количество пшеничной соломы в Дании увеличится на 47 000 тон.

Как было выше упомянуто, если количество соломы от озимой пшеницы может варьироваться в пределах 35-53 кг на 100 кг зерна, то теоретически возможно изменять количество убираемой соломы до 800 000 тон в год. Существует большое разнообразие сортов зерновых, и цифры доказывают возможность увеличения урожая

зерна путем выбора сортов, дающих больше соломы.

ЗАРУБЕЖНЫЕ РЕСУРСЫ

Европейское агенство Eurostat представило статистику производства биоэнергии в каждой из стран-членов ЕС. К сожалению, невозможно классифицировать био-энергию, получаемую из, к примеру, древесины, соломы или навоза. Европейское экологическое агенство (ЕЕА) опубликовало несколько отчетов, где были подсчитаны потенциальные ресурсы биомассы, имеющиеся в ЕС. Учитывая темпы производства продовольствия и природоохранные требования, ЕЕА утверждает, что будущий потенциал биоэнергии должен составить 300 млн. тон в эквиваленте нефти, что означает в 3 раза больше в сравнении с уровнем 2008 г.

Профессор Andriј Faaij голландского университета Utrecht University утверждает, что теоретически возможно удовлетворить потребность населения земли в энергоресурсах полностью перейдя на биомассу к 2050. Предпосылкой полного перехода на биомассу является более эффективное ведение сельского хозяйства, чем то, что мы имеем сегодня. Резкий скачок в производстве биоэнергии предвидится в Восточной Европе, Африке и Южной Америке, хотя имеются прекрасные возможности оптимизации производства на Западе.

Переработка соломы

▷ Солома для энергетического сектора поставляется большими тюками, иногда такие тюки называют Хесстонскими. Кое-где предпочитают из таких тюков делать соломенные pellets перед их транспортировкой на электростанцию. Хотя это и увеличивает расходы, но значительно уменьшает объем перевозимой соломы и делает более удобной ее переработку.



Фото: Torben Skott/BioPress

Процесс утилизации соломы развился в отдельную отрасль сельского хозяйства, в которой используется мощное оборудование, в основном на крупных фермерских предприятиях, а также сельскохозяйственными подрядчиками. С 1980-ых, с появлением на рынке огромных сенных прессов, сельское хозяйство начало инвестировать значительные суммы в тюковочные машины (прессподборщики), транспортировщики и возведение хранилищ с целью доставки соломы к энергетическим установкам.

После уборки зерновых солома остается лежать на поле длинными рядами до того, как ее затюкуют. Большинство фермеров предпочитают убирать солому с полей как можно скорее, чтобы засеять площадь на следующий год. Хотя, желательнее оставить солому на поле на несколько дней или даже недель. Если солома будет вымочена дождями, а потом снова высохнет, получится так называемая "серая солома", топливные качества которой лучше, так как с дождем смываются некоторые вредные вещества - хлор и щелочь. Но на практике только немногие фермеры практикуют этот способ, так как цена

соломы на тепло- и электростанциях зависит от массы и содержания влаги в соломе.

Сбор соломы в среднем составляет около трех тон с гектара, но, разумеется, многое зависит от сорта культуры, урожайности и погодных условий.

ТИПЫ ТЮКОВ

Сегодня на электростанциях и теплоцентралях в основном используются большие тюки соломы, также называемые Хесстонскими тюками. Маленькие, средние и круглые соломенные тюки используются на фермерских установках, а также как кормовая добавка и в качестве подстилки.

Большие тюки имеют размеры 125x240 см и весят немного больше полутоны. Длина тюка варьируется от 110 до 275 см, но для транспортировки по транспортным шоссе наиболее оптимальная длина тюка 240 см.

В течение короткого периода времени проводились эксперименты с "короткой соломой", которую оставляли



С помощью телескопического погрузчика соломенные тюки можно складывать в более высокие штабеля, чем при помощи автопогрузчика и фронтального погрузчика.

на полях в стогах с целью сократить расходы по обработке соломы. Первые результаты опытов показали, что расходы могут быть снижены до 50%, но одновременно возникает ряд практических проблем, и эта идея была забыта в середине 1990-ых.

На протяжении многих лет использование больших соломенных тюков вошло в хорошо налаженную систему обработки соломы, хотя при перевозке вместимость транспортировщиков задействована не достаточно эффективно. В грузовик вмещается только 24 тюка, что равняется 12 тоннам соломы, а это меньше половины возможного груза. Следовательно, нерациональное использование вместимости не только увеличивает расходы по транспортировке тюков, а также является причиной дополнительных расходов по обработке соломенных тюков и нерационального использования хранилищ соломы.

Многие годы делались попытки увеличить массу соломенных тюков, но на практике это не срабатывало. Краны нового образца, тем не менее, способны доводить массу соломенного тюка до тонны, это лишь вопрос времени, и вскоре соломенные тюки массой до тонны станут привычной практикой на энергетических заводах.

Другим вариантом являются так называемые тюки среднего размера, которые были разработаны установкой Nexo и сельскохозяйственным подрядчиком Pkjstegerden. Отрезая 30 см от высоты большого тюка, становится возможным вместить в грузовик 36 тюков, общим весом 15 тон. При таком подходе возникает небольшая потребность в кранах, но, в основном расходы, сокращаются.

РАБОТА С СОЛОМОЙ

Для складирования соломы используются фронтальный погрузчик, экскаватор, совок трактора, телескопический погрузчик или мини-погрузчик. В принципе, нет значительной разницы между тремя первыми типами, принцип работы которых основан на фронтальной системе погрузки.

Подъемная способность телескопических погрузчиков значительно выше, что означает укладку соломы в более высокие штабеля, а это сокращает складские расходы. Телескопические погрузчики становятся все более популярными. Мини-погрузчики используются не так часто, но более удобны при работе в "тесных условиях".

Как показано на рисунке 4, рабочая нагрузка наибольшая при использовании фронтального погрузчика, и наименьшая – при использовании совка трактора или телескопического погрузчика, так как они захватывают по два соломенных тюка одновременно. В пересчете на тонны разница между использованием совка трактора и фронтального погрузчика 2.5 мин. на каждую тону. Разница кажется незначительной, но при складировании 1 млн. тон соломы – ежегодный объем транспортируемой соломы на энергетические установки – получается 41 час дополнительного рабочего времени.

На крупных энергетических установках для выгрузки тюков соломы обычно имеются мобильные подъемные краны, которые захватывают целый слой и перемещают его на транспортировщик или прицеп. Это означает возможность крана выгрузить 12 тюков одновременно, что соответствует 2 захватам при разгрузке грузовика. Когда тюки ухвачены краном, встроенная компьютерная система взвешивает груз и определяет содержание влаги в соломе, после чего соломенные тюки транспортируются

в хранилище. Там, при помощи такого же крана, тюки помещаются на конвейер и идут в камеру сжигания.

На небольших энергетических установках в основном используются автопогрузчики, захват которых 1-2 тюка за раз. После разгрузки весь груз взвешивается и измеряется содержание влаги в соломе.



Фото: Torben Skott/BioPress

Соломенные тюки идут в режущую машину на заводе Koge Bio Pellet.

Как показано на рисунке 4, время выгрузки с помощью крана и автопогрузчика практически одинаковое. Но при выгрузке соломы автопогрузчиком требуется дополнительное время на взвешивание тюков и определения содержание влаги в них, что увеличивает

общее время работы примерно на 50%. Кроме того, в случае заполненности хранилища время работы увеличивается.

СОЛОМЕННЫЕ ПЕЛЛЕТЫ

Еще одним вариантом обработки соломы является производство пеллет из соломенных тюков перед их транспортировкой на энергетическую установку. Производство соломенных пеллет увеличивает расходы, но взамен сокращает транспортные расходы, особенно если предполагается транспортировка на большое расстояние. Использование пеллет упрощает работу на энергетической установке, и значительно освобождает место в хранилищах. Огромные помещения для хранения соломы, краны, транспортные системы и резчики соломы возможно заменить высокими бункерами, оснащенными вентиляцией и автоматической выгрузкой со дна бункера. Бункеры являются более экономичным решением. Кроме того, проблема оседания пыли на соломе также частично или полностью решается.

Энергетическая установка Amager в Стокгольме, собственность компании Vattenfall, функционирует на сжигании пеллет с 2003. Соломенные пеллеты поставляет завод Koge Bio Pellet Factory, расположенный 50 км к югу от Копенгагена. Транспортировка соломенных пеллет происходит по воде, чтобы не перевозить большие грузы через Копенгаген.

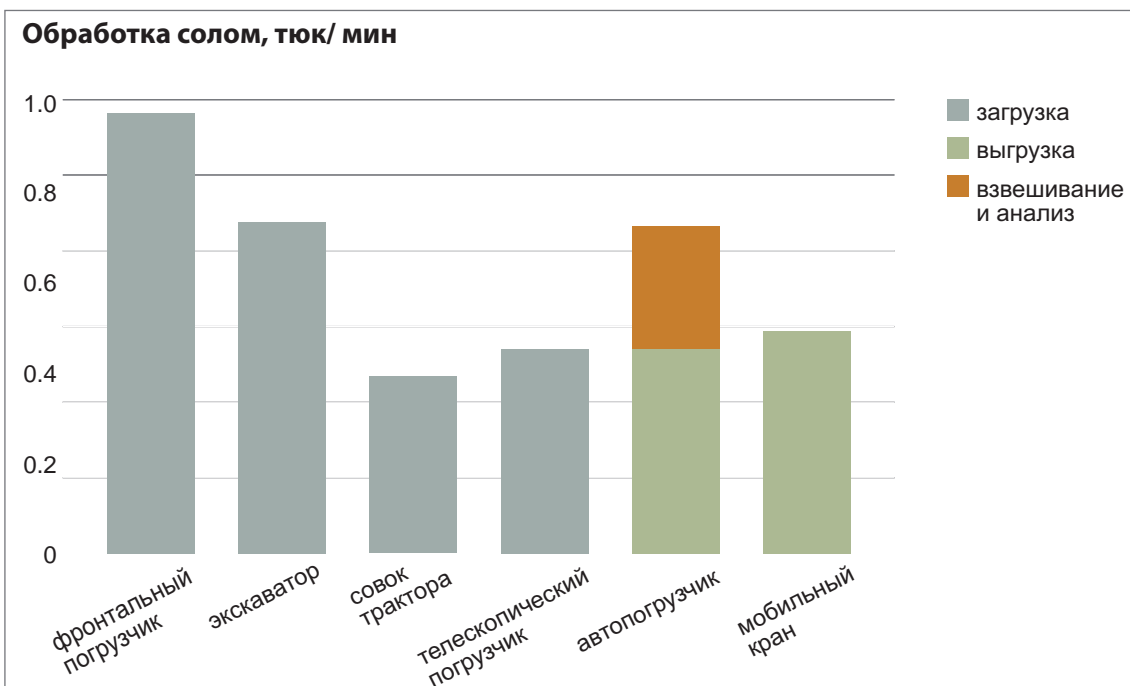


Рисунок 4. Загрузка и выгрузка соломы. При выгрузке с помощью автопогрузчика требуется дополнительное время на взвешивание соломенных тюков и определение доли влаги в них. А также дополнительное время уходит на перемещение тюков в случае заполненности хранилища. Источник: Центр изучения технологий биомассы.

Мощность завода в городке Коге составляет 130 000 тон соломенных пеллетов в год, но в течение последних нескольких лет производительность завода составила всего лишь 60-70,000 тон пеллетов ежегодно. На завод солома поставляется в больших тюках фермами Зеландии и Лолланд-Фальстер. На заводе обработка соломы происходит по такой же схеме, что и на обычной энергетической установке.

Сжатие пеллетов осуществляется при обработке паром от ближайшей теплоэлектростанции. Потребление энергии составляет всего лишь несколько процентов от теплотворной способности пеллетов.



Выгрузка соломенных пеллетов на энергетической установке Amager.
Фото: Torben Skott/BioPress

Солома для собственной и соседних ферм

▷ Печи по сжиганию соломы претерпели большие изменения со времен их появления на рынке в конце 1970-ых. Эффективность новых печей вдвойне превосходит свои прототипы, а также выброс вредных веществ от современного печного оборудования значительно меньше. Сегодня многие фермеры предпочитают покупать печи по сжиганию соломы большего размера, чтобы соседние фермерские хозяйства также имели доступ к дешевой и экологически чистой теплоэнергии, идущей по сети теплоцентралей.

Результатом первого пережитого энергетического кризиса в 1973 г. стал поиск более дешевого и надежного источника теплоэнергии, чем нефть. Фермеры обратили свое внимание на огромное количество имеющейся и незадействованной в хозяйстве соломы, которая просто сжигалась на полях после сбора урожая. В течение 1970-ых некоторые производители машинного оборудования запустили производство примитивных печей по сжиганию соломы, они были предназначены для сжигания маленьких соломенных тюков. Позднее стали производить печи для сжигания круглых и больших соломенных тюков, а

также были разработаны автоматические отопительные установки.

На сегодняшний день имеются два типа печей по сжиганию соломы: требующие работы вручную, так называемые порционные печи, и автоматические.

Порционная печь – самый простой тип печной установки (см. рис. 5), где тюки соломы целиком закладываются в печь вручную. Если соломенные тюки относительно большого размера или круглой формы, то может использоваться

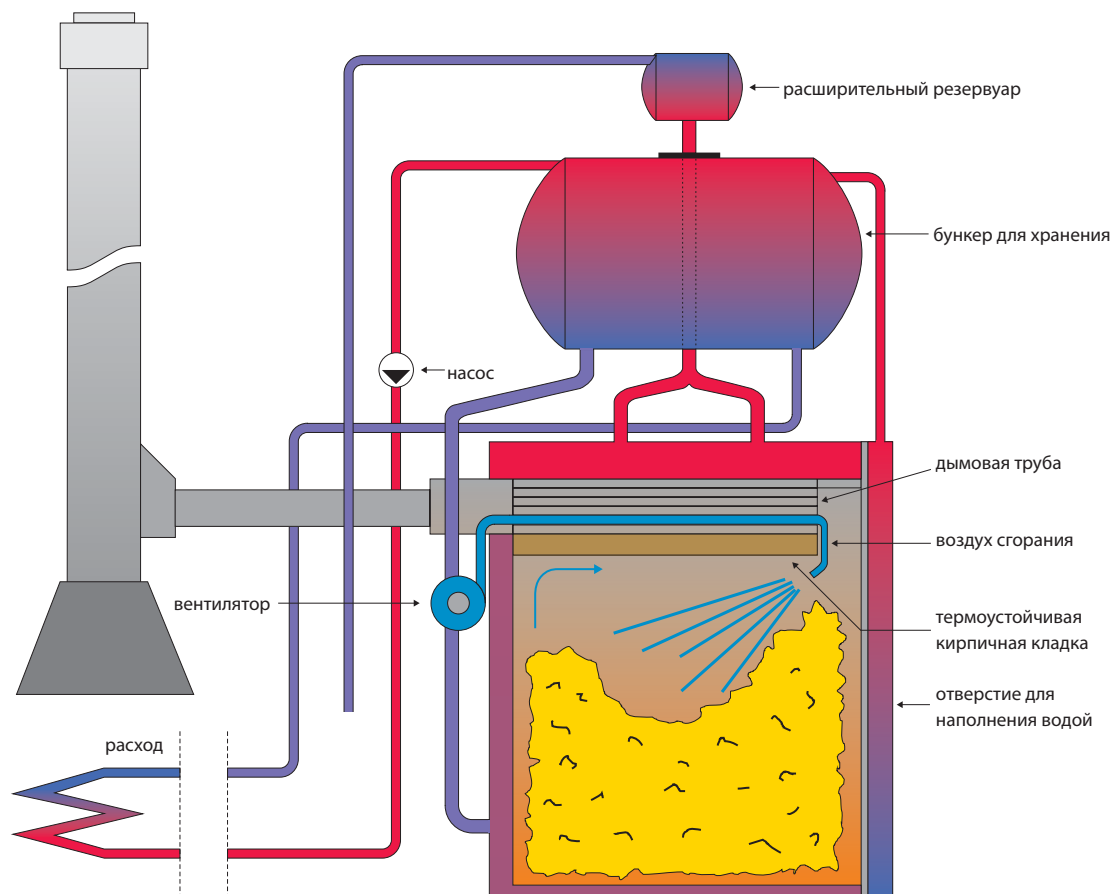


Рисунок 5. Печная установка по сжиганию соломы с бункером для хранения.



Порционные установки для сжигания больших соломенных тюков.

фронтальный погрузчик. Порционная печная установка относительно недорогая, и эксплуатационные расходы минимальные. Тем не менее, требуется много времени на ее очистку от золы и загрузку новой порции топлива.

Автоматические печные установки состоят из самой печи, где сжигается солома, и системы поставки, состоящей из конвейера – так называемой “соломенной дорожки” – и коллектора, в котором солома измельчается винтовым конвейером или воздуходувным аппаратом перед ее сжиганием в печи.

Автоматические печные установки, как правило, более дорогостоящие, чем порционные, и эксплуатационные расходы также выше, но они требуют меньше обслуживания.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Эффективность первых печных установок по сжиганию соломы была невелика – 30-40%. Более того, установки по сжиганию соломы вызывали дискомфорт у жителей близлежащих населенных пунктов. Тем не менее, в 1976 Датский сельскохозяйственный исследовательский институт занялся вопросом изучения печного оборудования по сжиганию соломы и представил свои идеи производителям печных установок. К тому же, руководствуясь целью развития области утилизации соломы Энергетическое агенство Дании в 1995 году представило схему субсидирования, в которой размер предоставляемых субсидий зависел от эффективности печной установки. Этот фактор явился причиной улучшения качества имеющихся на тот день печных установок, и их эффективность увеличилась с 30-40% до более 80% (см. рис. 6).

Кроме того, за счет улучшения эффективности и качества печного оборудования по сжиганию соломы значительно снизился выброс угарного газа в атмосферу (см. рис. 7). Хотя в небольших количествах сам по себе угарный газ не представляет угрозы для экологии, но это может служить



Автоматические установки для сжигания измельченной соломы.

доказательством выброса вредных веществ в атмосферу. Если печная установка выбрасывает много угарного газа, то, разумеется, в нем будет содержаться много вредных веществ, к примеру сажи и смолы. Смола содержит набор органических кислот и ПАУ (полиароматический углеводород), который является канцерогеном.

Наличие этих веществ является доказательством неполного сгорания соломы. И самым верным способом устранить эти вещества является улучшение процесса сжигания, при котором они сгорают, а также увеличивается выработка теплоэнергии.

Добиться полного сжигания можно только при максимально высокой температуре в камере сгорания. При сжигании соломы и других видов биомассы выделяются газы, которые не сгорают при температуре ниже 800-900 С⁰. Если температура недостаточно высокая, вредные газы не сгорят и выйдут через дымовую трубу, что означает потерю теплоэнергии и вредное влияние на окружающую среду.

Печные установки старого образца имеют камеру с охлажденной водой, с одной стороны отходит дымовая труба, а сгоревший газ выходит с противоположной стороны. Такая примитивная конструкция печного оборудования не препятствовала выходу несгоревшего газа. Современные печные установки имеют более сложную конструкцию, где отработанные газы проходят по трубкам, что гарантирует их полное сгорание и конверсию в теплоэнергию, а, главное, меньший ущерб для окружающей среды.

На рисунке 7 приведены результаты исследования 1980-1998 гг. по содержанию угарного газа в дыме, выходящем из автоматических и порционных печных установок. Мы видим большую разницу в количестве вредных выбросов от отдельных установок. Тенденция такова: с течением лет печные установки стали намного экологичнее, и автоматическое печное оборудование значительно превосходит в этом смысле порционные оборудование.

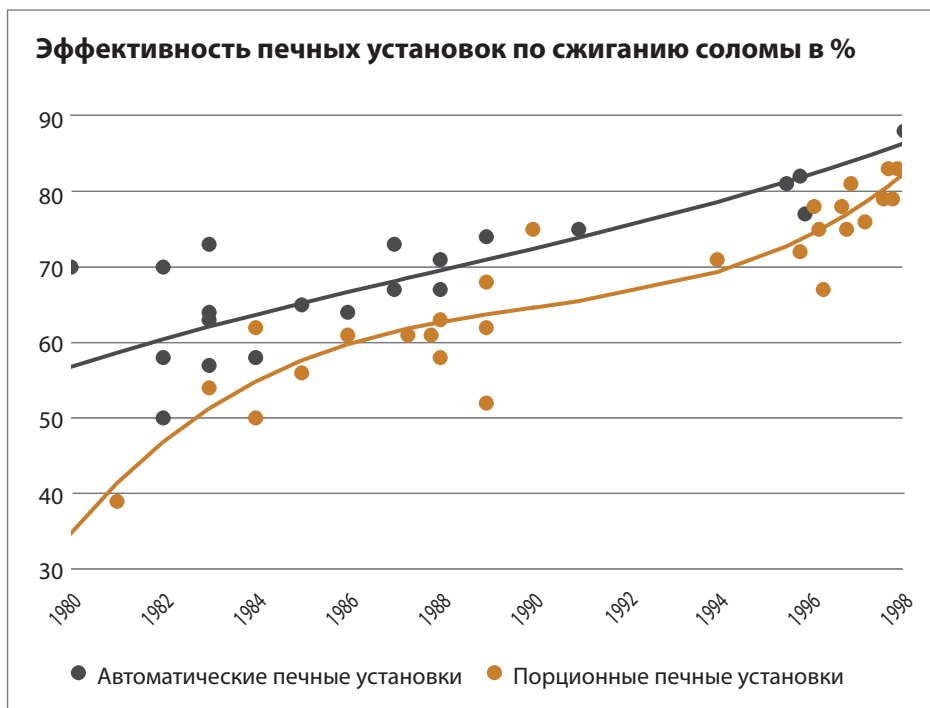


Рисунок 6. Эффективность автоматических и порционных печных установок по сжиганию соломы, по результатам проведенных исследований в период 1980-1998 гг. Датским сельскохозяйственным исследовательским центром, Vugholt. Источник: Датский сельскохозяйственный исследовательский центр.

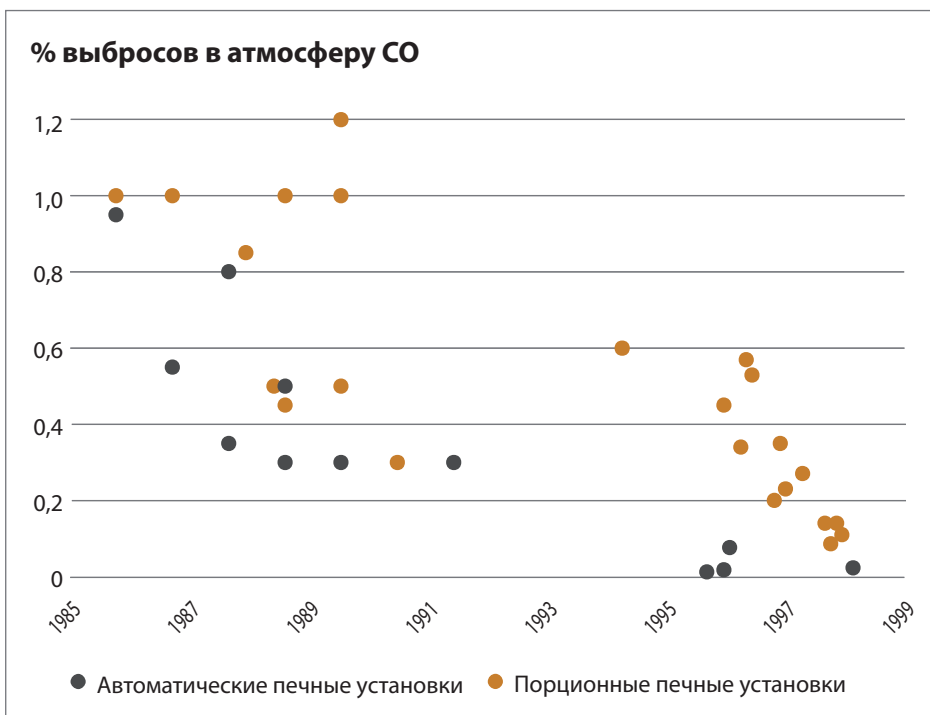


Рисунок 7. Выброс угарного газа автоматическими и порционными печными установками, по результатам проведенных исследований в период 1980-1998 гг. Датским сельскохозяйственным исследовательским центром, Vugholt. Если выброс угарного газа с дымом большой, то, следовательно, в нем может содержаться много вредных веществ для здоровья местного населения и жителей близлежащих населенных пунктов.

ПОКУПАЙТЕ МАЛОГАБОРИТНЫЕ

ПЕЧНЫЕ УСТАНОВКИ

Многие фермеры пытаются купить установки по сжиганию соломы большего размера, чем требует их хозяйство. Это плохая идея, которая отрицательно влияет на экологию и экономию теплоэнергии. Оптимальным решением является приобретение печной установки, которая способна обеспечить теплоэнергией в холодный период. Печное оборудование имеет наибольшую эффективность при полной его загрузке. Таким образом, чем больше размеры печной установки, тем больше вероятность ее работы не на полную мощность.

Оптимальным размером печной установки считается тот, при котором обеспечивается 75% от потребности в теплоэнергии в холодный период. В наиболее холодное время года, когда печные установки не способны обеспечить требуемую теплоэнергию, их могут заменить масляный котел или электрический обогреватель.

Порционные печные установки обязательно должны быть оснащены бункером хранения, чтобы теплоэнергия не расходовалась со скоростью ее производства, особенно в летний период, когда потребление теплоэнергии минимально. Бункер хранения помогает рационализировать процесс производства и расхода энергии. Бункер хранения представляет собой отдельный резервуар, установленный над печью, но так же это может быть комплексное устройство с печью и хранилищем. Бункер для хранения должен иметь вместимость 60-80 литров воды на каждый кг сжигаемый в печи соломы.

Процесс сжигания для многих автоматические печных установок проходит более эффективно, если они соединены с бункером хранения. Необходимое количество теплоэнергии вырабатывается в основном за 6-8 часов.

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ СОСЕДНИХ ХОЗЯЙСТВ

60% датских домохозяйств снабжаются энергией теплоцентралями. Сегодня потребность в традиционных теплоцентралях более или менее удовлетворена. Становится все труднее получать прибыль от теплоцентралей в небольших населенных пунктах. В связи с этим появилась новая идея, так называемая "тепоснабжение для соседей". Идея состоит в том, что любое домохозяйство может обеспечивать избыточной теплоэнергией своих соседей. Но на практике это выглядит так: инициативные фермеры инвестируют в приобретение крупных печных установок по сжиганию соломы с целью поставлять теплоэнергию соседним хозяйствам.

С этой целью печная установка по сжиганию соломы должна быть необходимого размера, чтобы удовлетворить

70-80% от потребности в теплоэнергии в холодное время года. В этой связи, наибольшая экономия достигается как в зимний период, так и в летний, когда потребность в теплоэнергии минимальна. В зимний период можно дополнительно использовать масляный обогреватель, мощность которого должна позволить заменить печную установку в случае прекращения ее работы.

Чтобы система "тепоснабжение соседних хозяйств" успешно функционировала, необходимо соблюдение некоторых основных условий:

- Постройки должны быть на достаточно близком друг от друга расстоянии, как в городах, чтобы минимизировать потерю теплоэнергии при ее прокачке по трубам.
- Для эффективного функционирования системы большое значение играют крупные потребители теплоэнергии, например школы, больницы, местные компании.
- Потребители такой теплоэнергии должны стремиться к экономии ресурсов путем замены топливных обогревателей на энергию, поставляемую "соседями".
- Производители такой теплоэнергии должны гарантировать своим потребителям стабильное и недорогое обеспечение теплоэнергией как минимум на 10 лет.

Мощность датских теплоцентралей, снабжающих энергией соседние хозяйства, различна – от нескольких домохозяйств до 70-80 домов. В основном, подобные энергетические установки принадлежат фермерам, располагающим большим количеством соломы, что позволяет им продавать недорого теплоэнергию соседним хозяйствам.

Система продажи теплоэнергии соседним хозяйствам зарекомендовала себя с положительной стороны. Для фермеров это означает экономическую выгоду, потребители же получают недорогую теплоэнергию.



Порционные печные установки, как правило, располагаются в отдельном здании с целью минимизировать угрозу пожара для соседних построек.

Солома для установок централизованного теплоснабжения

► **Установки централизованного теплоснабжения, работающие на соломе в качестве топлива, - это дешевая и экологически чистая альтернатива другим видам теплоснабжения, - особенно если сама установка расположена в регионе, где имеется избыток соломы. Еще несколько лет назад установки централизованного теплоснабжения в основном использовали древесные опилки в качестве топлива. В настоящее время разница в экономии между использованием соломы и древесных опилок невелика.**



Фото: Torben Skott/BioPress

Установки, работающие на соломе, начали строиться в Дании с 1980 г., и сегодня функционируют 55 установок. Некоторые установки были построены в тесном сотрудничестве с местными фермерами, а в некоторых регионах именно фермеры были ответственными лицами за возведение, а также функционирование установок. Производительность установок варьируется от 500 кВт до 12МВт, технический дизайн также может быть разным, хотя основные элементы конструкции одинаковы для всех установок.

Когда теплостанция решает вопрос инвестирования в печные установки, работающие на биотопливе, решающим фактором становится: будет ли установка работать на сухом топливе, например соломе, или влажном, например древесных опилках. Причиной является то, что технически невозможно использовать одну и ту же установку для сжигания сухого и влажного топлива, хотя диапазон выбора топлива для печных установок весьма разнообразен. Очень важно подобрать необходимую техническую систему, соответствующую переработки определенного типа топлива. Некоторое время назад в Дании функционировали 61 энергетическая установка, но в 2000 г. несколько установок решили заменить имеющиеся печи по сжиганию соломы на печные установки для сжигания древесных опилок. Это было связано с падением рыночных цен на древесные

опилки ввиду масштабного импорта древесины из стран Балтии. К тому же, владельцы некоторых установок по сжиганию соломы столкнулись с проблемами в подписании контрактов с поставщиками соломы. Многие владельцы установок по сжиганию соломы планировали заключить долгосрочные индексированные контракты с фермерами, но это оказалось достаточно дорого для них. Сегодня солома в основном продается на свободном рынке путем проведения конкурсных торгов, что делает солому более конкурентоспособным топливом, а также снова популяризирует энергетические установки для сжигания соломы.

Вопрос, какая энергетическая установка будет более прибыльной – по сжиганию соломы или древесных опилок, во многом зависит от местных условий и обстоятельств. Солома в основном имеет региональный рынок сбыта в то время, как древесные опилки считаются международным товаром. Если энергетическая установка строится в регионе с избытком ресурсов соломы, то это снижает цену на теплоснабжение для местного населения и доход фермеров соответственно выше. Солома, как правило, дешевле древесных опилок (см. рис 8), хотя установки по сжиганию соломы требуют больших инвестиций и эксплуатационные расходы также немного выше.

В случае энергетической установки, рассчитанной на одну ферму, оптимальный размер определяется ее способностью обеспечить 70% потребности в теплоснабжении (см. рис. 9). В летний период такая установка будет вырабатывать 25% теплоэнергии от своей максимальной мощности, что является залогом ее рациональной эксплуатации.

Если энергетическая установка слишком большая, она будет работать не на полную мощность, что снижает ее эффективность и несет отрицательный экологический эффект. Если вырабатываемая установкой теплоэнергия не покрывает потребности в теплоснабжении, например в зимний период, то можно задействовать теплоаккумулятор установки на полную мощность, подключив к нему масляный бойлер.

ПЕРЕРАБОТКА СОЛОМЫ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ

Соломенные тюки, которые сжигаются в энергетических установках, могут быть большими или средними (30 см ниже больших тюков). Обычно фермер или сельскохозяйственный подрядчик занимается поставкой соломы на энергетическую установку, но в некоторых случаях сама установка берет на себя вопросы транспортировки и хранения соломы. Транспортировка соломы обычно осуществляется трактором, если поставщик находится недалеко от энергетической установки, и грузовиком, если расстояние перевозки соломы значительно больше.

Разгрузка соломы на энергетической установке обычно осуществляется телескопическим погрузчиком или автопогрузчиком, захват которого 2 соломенных тюка одновременно. Некоторые современные автопогрузчики оснащаются специальными "хватателями". Эти устройства

помогают ухватить тюки, лежащие далеко от автопогрузчика. С помощью "хватателей" становится возможным разгрузить солому с одной стороны фургона.

Цена соломы определяется ее весом и содержанием влаги в ней. Взвешивание соломы происходит на мостовых или платформенных весах. Мостовые весы – это более быстрый способ взвешивания груза, так как используются только дважды. Для взвешивания соломы на платформенных весах автопогрузчик должен подъезжать к весам с каждым грузом. Тем не менее, мостовые весы дороже платформенных в 2-3 раза. Это означает выбор между экономией времени и деньгами, что решается индивидуально на каждой установке.

Перед выгрузкой соломы с помощью специального приспособления в виде заостренного шпика замеряется содержание воды. Оптимальным считается 14-15% воды в соломе. Если содержание воды 18-20% некоторые установки снижают цену. Некоторые установки вообще не берут солому, если содержание воды в ней выше 25%. Зеленая и влажная солома также не принимаются.

Помещение для хранения соломы требует много места, и обычно многие установки располагают хранилищем только для недельного хранения соломы при полной загрузенности. Традиционно 4 соломенных тюка помещаются друг на друга так, чтобы кран автоматически мог снять тюки на ленту конвейера – так называемую "соломенную ленту", - откуда тюки идут в измельчительное отделение или прямо в печь. В случае отсутствия крана на небольших энергетических установках соломенные тюки помещаются на ленту конвейера вручную.

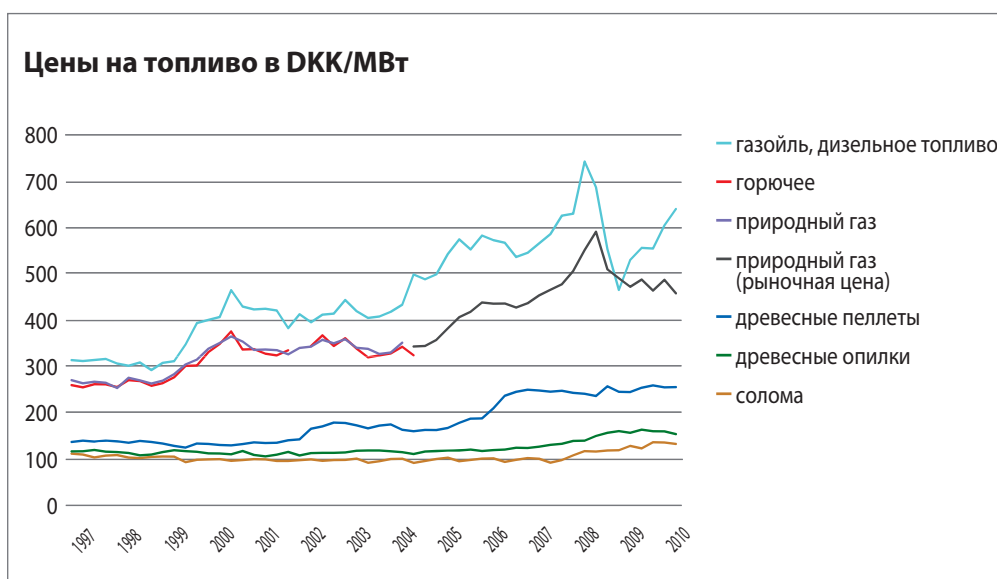


Рисунок 8. Цены на топливо для установок централизованного теплоснабжения в период с 1997 г. до середины 2010 г. Источник: Датская ассоциация централизованного теплоснабжения.



Перед выгрузкой соломы из фургона замеряется уровень содержания воды в ней. Если содержание воды более 25%, установки, как правило, не берут такую солому.



Тюки соломы выгружаются из фургона и складываются в хранилище с помощью автопогрузчика. Солома выгружается в пределах зоны, отмеченной желтым цветом, что позволяет крану автоматически захватывать соломенные тюки.

КОНСТРУКЦИЯ ПЕЧИ

Печная установка по сжиганию соломы разработана исключительно для соломы, но большинство таких установок способны перерабатывать и другие виды биомассы, разумеется, если они относятся к сухому топливу. Некоторые установки используют в качестве дополнительного топлива шелуху зерна, вишневые косточки и очищенные сухие древесные отходы.

Печи по сжиганию соломы могут иметь различный дизайн. Основными элементами являются: вибрирующая решетка на дне печи, в которой происходит процесс сжигания. Решетка разделена на несколько зон сжигания и может двигаться вперед-назад, т.е. происходит отсеивание пепла от несгоревшей соломы. Сгорание может быть направлено в каждую из зон, запуская туда немного воздуха.

Получаемая от сжигания соломы энергия состоит большей частью из летучих газов, которые сгорают в печи над решеткой. По этой причине очень важна конструкция печной и вентиляционной систем, чтобы гарантировать надлежащее сжигание различных газов (некоторые газы сгорают только при температуре около 800-900 C). Несгоревшие газы уходят через дымовую трубу, что означает низкую энергоэффективность и ущерб для экологии.

После печного отделения летучие газы уходят через конвектор, где теплоэнергия нагревает воду, обычно это ряд вертикально установленных труб с водой. Большинство установок дополнительно оснащены экономайзером – тип теплообменника, который вытягивает оставшуюся в дыме теплоэнергию перед ее выходом из дымовой трубы.

ЦЕЛЫЕ ТЮКИ ИЛИ ИЗМЕЛЬЧЕННАЯ СОЛОМА

Большинство энергетических установок по сжиганию соломы используют измельченную солому, но некоторые

установки сжигают разрезанные соломенные тюки. На некоторых установках в печь бросаются целые соломенные тюки. Метод сжигание целых тюков был широко распространен на протяжении 1980-ых, но такой способ не просуществовал долго ввиду несоответствия экологическим нормам.

В системе нарезки соломенных тюков имеется приемный короб, в котором соломенные тюки принимают вертикальное положение. При необходимости подачи в печное отделение новой порции топлива гидравлический нож отрезает кусок от соломенного тюка, кусок затем бросается в печь. Это очень простой принцип работы, что-то между способом сжигания целых тюков и измельченной соломы.

Принцип сжигания измельченной соломы заключается в том, что измельчитель установлен между соломенной лентой и печным отделением. На протяжении нескольких лет проводились испытания с целью установить, можно ли исключить тюкование, а затем измельчение соломы и поставлять солому прямо с поля на энергетическую установку. Такая идея кажется с первого взгляда логичной, но тут возникают проблемы хранения нетюкованной соломы, а также потери при транспортировке соломы также оказались велики. Следовательно, эта идея не оправдала себя.

При сжигании измельченной соломы эффективность печных установок наибольшая, и вредные выбросы в атмосферу минимальны. Метод сжигания измельченной соломы является более разумным, так как есть возможность контролировать вход воздуха и топлива в печное отделение, что не совсем удобно для сжигания целых соломенных тюков. Хотя при измельчении соломы эксплуатационные расходы и обслуживание установки больше, чем при сжигании соломенных тюков целиком, затраты компенсируются за счет более высокой эффективности.

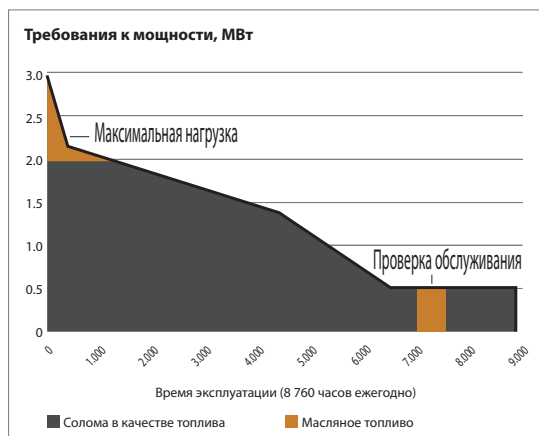


Рисунок 9. Размер печной установки по сжиганию соломы должен покрывать 70% максимальной загрузки. Когда нагрузка достигает предела и идет проверка обслуживания, потребность в теплоснабжении компенсируется за счет масляного бойлера. На графике показано распределение соломы и масляного топлива на энергетической установке мощностью 3 МВт, мощность бойлера 2 МВт. Источник: Центр изучения биомассы.

Установки, оснащенные измельчителями соломы, должны иметь замок безопасности, расположенный между измельчителем и печным отделением, чтобы огонь не распространялся на солому вне печного отделения.

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

Экологическое влияние, оказываемое работой энергетических установок, привлекает внимание местных властей, а также населения. Все энергетические установки по сжиганию соломы в Дании оснащены специальным фильтром, который сокращает выброс летучих золистых веществ в атмосферу.

Содержание в дыме СО (угарного газа) – показатель эффективности сжигания биомассы. Высокое содержание СО свидетельствует о низкой эффективности работы установки. Сам дым имеет запах, и теоретически в нем содержатся моноароматические углеводы (ПАН), вызывающие рак. Достаточно несложно измерить содержание угарного газа, и общественные экологические

ассоциации установили высокую планку относительно количества выбросов угарного газа.

Окиси азота (NO_x) в дыме с ветром переноситься на большие расстояния и могут переходить в, например, азотную кислоту, которая вредна для лесов, озер и строений. Более того, азотные соединения оказывают негативное влияние на процесс перенасыщения некоторых видов земель, к примеру вересковых долин и пустошей. Кроме того, окиси азота представляют некоторую угрозу для людей, страдающих астмой и бронхитом. Но в выхлопных газах от установок в основном содержится NO_2 , а не NO . NO_x легко отфильтровывается от дыма, но воздухоочистительные системы, как правило, дорогостоящие и редко устанавливаются на местных теплостанциях.

Очистить дым от диоксида серы (SO_2), как и в случае с NO_x , не представляет проблемы, но фильтрационные системы стоят достаточно дорого, и по этой причине многие энергетические установки не инвестируют в технологии очистки воздуха. Если фильтровать выхлопные газы от диоксида серы, можно не платить специально установленный налог, но тогда нужно инвестировать в воздухоочистительные установки и измерительное оборудование, которое доказывает, что вредные выхлопы ниже максимально разрешенной отметки.

Некоторые энергетические установки экспериментировали с внедрением специального оборудования для конденсации летучих газов с целью повысить эффективность, но в большинстве случаев эта идея не оправдала себя. На энергетической установке Høng, расположенной к северу от городка Slagelse, было установлено совершенно новое оборудование для конденсации газа, а также фильтрующее серную составляющую. Если это оборудование повысит эффективность, оно будет внедряться как на новых, так и на старых установках – особенно, если оно решит проблему серных выбросов, а также не потребует дополнительного дорогостоящего измерительного оборудования.



Соломохранилище на станции централизованного теплоснабжения Terndrup. Перемещение тюков соломы от хранилища к печному отделению осуществляется автоматическим краном. Площадь хранилища вмещает однонедельный запас соломы в зимний период.



Разгрузка соломы на станции централизованного теплоснабжения Thisted. Автомобильный погрузчик забирает соломенные тюки, лежащие далеко. Использование автомобильного погрузчика позволяет разгружать солому из фургона с обеих сторон.

Солома для теплоэлектростанций

- ▷ **Централизованные теплоэлектростанции, использующие солому в качестве топлива, - специализация Дании. С 1980-ых началось финансирование исследований по разработке технологий, позволяющих использовать солому в качестве топлива для электростанций, работающих на угле, а также возводить новые теплоэлектростанции, использующие в качестве топлива исключительно солому.**



©Domo: Torben Skott/BioPress

Основными элементами теплоэлектростанции являются: печное отделение (бойлер), паровая цепь, турбина и электрический генератор. В печном отделении топливо переходит в теплоэнергию, которая направляется в паровую цепь, а затем к турбине, соединенной с электрическим генератором. После прохождения паром турбины он конденсируется в прохладной морской воде, после чего пар снова возвращается в бойлер (печное отделение).

На традиционной электростанции только 40-45% топлива конвертируется в электричество. Остальная энергия уходит через дымовую трубу, а также выливается в море с охлажденной водой.

На теплоэлектростанции электричество вырабатывается таким же способом, что и на электростанции, но вместо процесса охлаждения пара из турбины морской водой, используется вода из сети теплоцентрали – таким образом вода нагревается.

При выработке электричества и тепла одновременно используется 85-90% энергии. А так как в этом процессе не требуется морская вода, теплоэлектростанции могут строиться в любых городах, где потребность в теплоснабжении достаточна велика.

В Дании комбинированное производство электро- и теплоэнергии является приоритетным. Это также касается электростанций, расположенных вблизи моря. Ранее

крупные энергетические установки вблизи больших городов, таких как Копенгаген, Аархус, Оденсе, было привычной практикой. В 1996 году Парламент Дании принял энергетическое соглашение о строительстве децентрализованных теплоэлектростанций, работающих на биомассе, отходах и природном газе. В результате, в 1989 году в г. Хаслев была построена первая в мире теплоэлектростанция, работающая на соломе в качестве топлива. С того времени появилось еще 10 подобных установок, и в городке Studstrup вблизи города Aarhus энергетическая станция, работающая на угле, была реконструирована с целью совмещения угля и соломы в качестве топлива.

Развитие биоэнергетики достигло пика в 1993 году, когда Парламент заключил так называемый “План по биомассе”, который обязывал централизованные энергетические установки перерабатывать 1.4 млн. тон биомассы в год, где как минимум 1 млн. тон приходится на солому. Исследования других стран в этой области на тот период были незначительны, и в основном касались только использования древесины в качестве топлива. Идея использования соломы в качестве энергоресурса для теплоснабжения только начинала развиваться, что требовало амбициозных планов и демонстрационной программы. Демонстрационная программа помогла решить многие назревающие вопросы и повлияла на работу первых установок, начиная с 1990-х по сегодняшний день. Сегодня Дания одна из стран –лидеров в производстве электроэнергии на основе соломы.

Проводимые исследования и разработки в области функционирования теплоэлектростанций основываются на сжигании угля и соломы в одном печном отделении (бойлере).

ПЕРЕРАБОТКА СОЛОМЫ НА СТАНЦИИ

Теплоэлектростанции перерабатывают намного больше соломы, чем местные теплоцентрали. Установка Funep, например, использует 150-170,000 тон соломы в год, что равняется примерно 300,000 больших соломенных тюков.

Чтобы перерабатывать большое количество соломы, на станциях, как правило, имеются автоматические краны, которые могут поднять 12 тюков одновременно. Т.е. разгрузка фургона осуществляется краном за два захода. А так как кран автоматически производит взвешивание груза и фиксирует содержание воды в нем, то на въезде к станции обычно отсутствуют пропускные пункты. Кран взвешивает груз при каждом заходе и определяет содержание влаги в соломе микроволновым устройством, встроенным в кран.

Кран перемещает соломенные тюки из хранилища на ленту конвейера, которая их далее транспортирует к измельчителям. Количество конвейерных лент может быть разным, но чаще на больших станциях это 4 параллельные друг другу ленты конвейера.

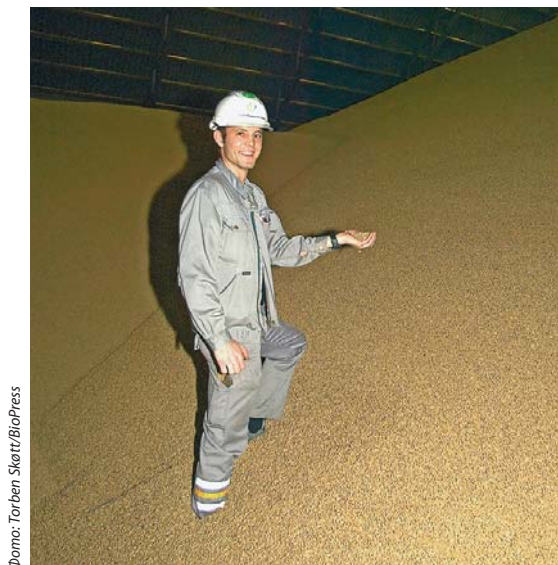


Фото: Torben Skett/BioPress

Хранилище для соломенных пеллетов на энергетической установке Atager. До попадания в печное отделение соломенные пеллеты измельчаются в пыль; процесс происходит по принципу сжигания угля.

СЖИГАНИЕ НА РЕШЕТКЕ

Сжигание на решетке – наиболее распространенная технология утилизации соломы на теплоэлектростанциях Дании (см. рис. 10). Процесс сжигания происходит на решетке, установленной на дне печного отделения. Как правило, решетка устанавливается под небольшим наклоном, охлаждается водой и вибрирует в определенных интервалах, тем самым продвигая солому к отверстию для сброса пепла. Небольшая доля пепла – зольная пыль – улавливается фильтрами до выхода дыма через дымовую трубу.

На станциях, где сжигание топлива происходит на решетке, соломенные тюки из хранилища проходят через измельчители, после чего солома транспортируется с помощью шнека на решетку в печном отделении. Некоторые энергетические станции работают по принципу сжигания целых тюков, что исключает процесс измельчения соломы. Некоторая доля соломы сгорает в камере над решеткой, большая часть соломы попадает на решетку, где и происходит ее полное сгорание.

СЖИГАНИЕ ЗОЛЬНОЙ ПЫЛИ

Энергетические установки, использующие уголь в качестве топлива, могут быть переоборудованы для сжигания соломенных пеллетов. Но тогда требуются иные условия хранилища, и измельчительное устройство должно подходить для измельчения соломенных пеллетов вместо угля. В принципе, поступление топлива в печное отделение происходит по одинаковой схеме. Сжигание соломы может вызывать подобные проблемы, например коррозию и закупорку труб нагревателя. По этой причине необходимо снижать температуру пара, чтобы продлить срок службы бойлера.

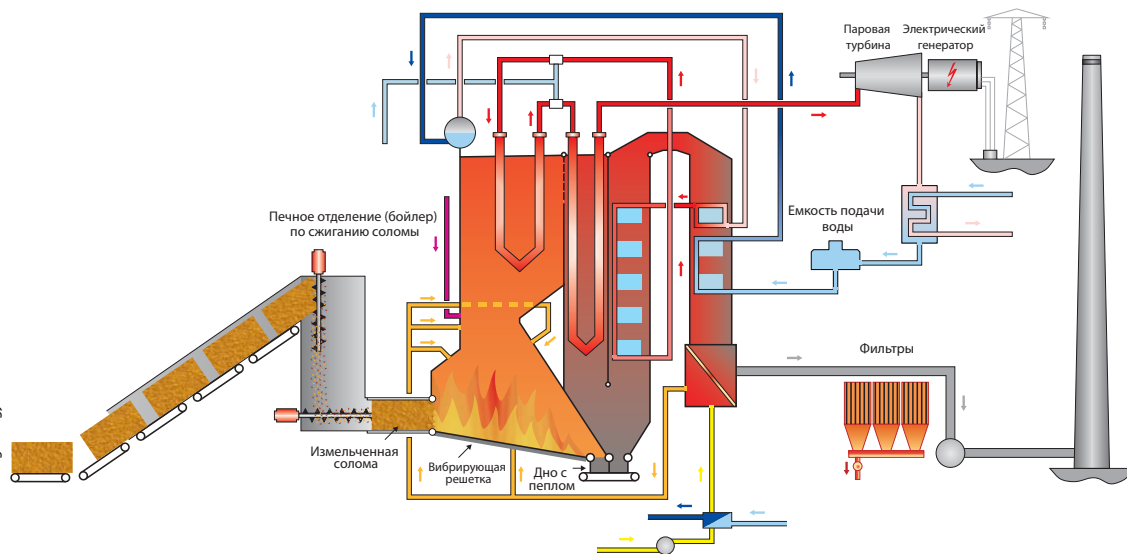


Рисунок 10. Схематический план энергетической установки Funen, в которой печное отделение имеет решетчатое дно.

ПОДВИЖНОЕ МЯГКОЕ ДНО БОЙЛЕРА

В печном отделении с подвижным мягким дном можно сжигать солому и уголь вместе. Такой способ означает сжигание на подвижном дне из песка. В этом случае температура сжигания ниже, чем при сжигании топлива на решетке. В результате снижается образование NOx, и отфильтровать серу из летучего газа можно с помощью добавления в бойлер известняка.

В бойлерах с песчаным дном можно сжигать различные виды топлива. Но такие бойлеры чувствительны к золе с низкой точкой плавления, например золе от сожженной соломы. Расплавленная зола склеивает песчинки, и дно бойлера становится менее подвижным. По этой причине, солома может составлять только 50% топлива.

Что касается метода сжигания на решетке, то в этом направлении проводились многочисленные опыты с целью решить проблему коррозии и покрытия металла. Кроме того, часто возникал вопрос механического изнашивания труб бойлера, что решалась заменой и восстановлением оборудования.

При сжигании угля и соломы вместе на дне бойлера из песка образуется отходный продукт, неподлежащий переработке. По этой причине данная технология практикуется только на одном заводе в Дании.

ПЛАВИЛЬНЫЙ МЕТОД

Плавильный метод означает сжигание смеси соломы и угля в энергетической установке, работающей на угле. В этом случае нет необходимости в установке нового бойлера и турбины, и эксплуатационные расходы в этом случае значительно ниже в сравнении с методом сжигания на решетке. Кроме того, при использовании данного метода плавления вредные выбросы в атмосферу минимальны, так как установки, работающие на угле, оснащены эффективной воздухоочистительной системой.

Плавильный метод был разработан в начале 1990-х гг. и был продемонстрирован на энергостанции Studstrup, расположенной вблизи города Aarhus. Высокая эффективность данного метода была доказана на практике. Содержание неподвижного углерода в золе значительно меньше, чем при сжигании чистого угля. В первые годы использования метода плавления возникал вопрос



Фото: Torben Skott/BioPress

Хранилище соломы на энергетической станции Ensted в г. Aabenraa. Кран поднимает 12 соломенных тюков за раз.



Фото: Torben Skott/BioPress

Соломенные тюки транспортируются к измельчителю по конвейерной ленте – так называемым "соломенным лентам".



Фото: Torben Skott/BioPress

Энергетическая установка Studstrup вблизи города Aarhus. В качестве топлива используется смесь угля и соломы. Практика показала, что угольная зола снижает коррозионные элементы соломы. Если не превышать допустимую долю соломы в топливе, на стенках бойлера не образуется хлорный налет, т.е. риск коррозии оборудования минимален.

утилизации зольной пыли, но вскоре было найдено решение этой проблемы. И сейчас зольная пыль используется в производстве цемента и бетона. В плавильном методе солома составляет только 20% от общей массы топлива, что соответствует примерно 13% вырабатываемой энергии.

В первое время плавильный метод вызывал недоверие – предполагалось, что, как и в случае сжигания топлива на решетке, может появляться коррозия металла оборудования. Но подозрение не оправдало себя. Напротив, угольная зола подавляет коррозионные элементы соломы. Если не превышать допустимую долю соломы в топливе, то хлорный налет не образуется на стенках бойлера, т.е. риск коррозии минимален.

Сочетание угля и соломы в топливе оказывает положительный эффект на каталитические преобразователи, которые снижают содержание NOx в летучем газе. При сжигании топлива на решетчатом дне каталитические преобразователи часто разрушаются калийными соединениями, но при использовании плавильного способа угольная зола впитывает калий, что снижает его разрушительный эффект.

ИССЛЕДОВАНИЯ

Самой масштабной научно-технической задачей для теплоэлектростанций, работающих на соломе в качестве топлива, стала разработка так называемых “сверх труб нагревателя” для бойлера. Чтобы обеспечить высокую эффективность выработки электроэнергии, пар должен иметь достаточно высокую температуру и давление, но так как зола сгоревшей соломы имеет низкую точку плавления, есть риск появления коррозии и налета на стенках труб нагревателей.

В первых установках было необходимо регулярно

останавливать работу бойлера, чтобы прочистить трубы. В новейших установках расстояние между трубами нагревателя достаточно велико для образования толстой зольной корки от сгоревшей соломы. В комплексе с вентиляторами сажи становится возможным увеличивать операционное время работы установки.

Образующийся налет от сжигания соломы может быть очень едким. С увеличением температуры разрушающие свойства золы повышаются. Чтобы не сокращать срок службы установки, необходимо придерживаться температурных режимов. В первых установках температура пара была 450 C0, сегодня позволительная температура равна 540C0, что положительно отражается на эффективности работы установки. В установках новейшего образца температура пара может достигать 580-600 C0.

Проводились многочисленные исследования относительно образования налета и коррозии. При сжигании соломы в установке с решетчатым дном происходит испарение хлорида калия, который оседает на трубах нагревателя. Досконально изучались механизмы образования коррозии. “Сверх трубы нагревателя” изготавливаются из сплава железа, хрома и никеля. В ходе проведенных исследований обнаружилось, что при высокой температуре хлориды разрушают хром в стали, тем самым ослабляя механическую прочность труб. Оптимальным содержанием хрома в сплаве считается 12-18%. Также проводились опыты с различными добавками в топливо при сжигании с целью снизить риск коррозии оборудования. Оказалось, что добавки оказывают положительный эффект только в случае сжигания древесины в качестве топлива. При сжигании соломы количество золы намного больше, что требует большего количества добавок, а это нерентабельно.

Вредные выбросы и отходы производства

▷ Зола от сжигания соломы содержит как питательные для почв вещества, так и тяжелые металлы, которые могут быть небезопасны.

Одной из важнейших задач энергетического сектора является утилизация отходов производства без ущерба для окружающей среды. При сжигании угля на энергетических станциях полученная зола идет на производство цемента и бетона. Гипс, образовавшийся в результате десульфуризации, используется в производстве гипсового картона. При сжигании биомассы возможности утилизации оставшейся золы зависят от технологии сжигания.

При сжигании соломы в бойлере с решетчатым дном большая часть золы сыпается на дно бойлера, часть остается в виде зольной пыли в летучем газе. Пепел содержит питательные для растений вещества, особенно калий. Внесение пепла на поля в качестве удобрения является хорошим способом утилизации отходов энергопроизводства, а также позволяет сократить долю минеральных удобрений.

Внесение пепла на поля от сжигания соломы в качестве удобрения регулируется "Распоряжением Министерства об использовании золы, полученной в результате газификации и сжигания биомассы и органических отходов, для сельскохозяйственных нужд" – в народе распоряжение называется "Био-закон о пепле". В соответствии с этим распоряжением принят свод правил, устанавливающих количество вносимого пепла на гектар посевной площади, а также его качество. Сегодня пепел, осевший на дне энергетической установки, вносится на поля в качестве удобрения, что и является экологическим способом утилизации био-отходов энергетического производства.

Зольная пыль составляет около 20% от общего количества пепла, полученного от сжигания соломы. Зольная пыль также содержит много питательных для растений веществ, особенно хлорид и сульфат калия. При сгорании соломы соли калия выделяются в летучий газ и концентрируются в зольной пыли. Но в зольной пыли также концентрируется тяжелый металл кадмия, который является небезопасным для окружающей среды. По этой причине зольная пыль не соответствует требованиям качества "био-закона". На заводе Kommunekemi в городке Nyborg была разработана технология, позволяющая из зольной пыли производить жидкие калийные удобрения, не содержащие тяжелых металлов. Жидкий калий может поставляться производителям удобрений или напрямую фермерам.

При использовании так называемой технологии плавления зола от сгорания соломы составляет лишь малую долю от общего количества получаемой золы, большая часть золы – угольный пепел. Традиционно зола, получаемая от использования плавильного метода, идет на производство цемента и бетона, несмотря на высокое содержание калия в золе. В сотрудничестве с основными потребителями зольной пыли в производстве, представилась возможность доказать, что зольная пыль от плавильного метода может использоваться так же, как и угольный пепел, несмотря на небольшую долю соломенной золы в составе и/или низкое содержание щелочи в угле.



Производство биоэтанола из соломы

► **Производство биоэтанола из соломы может стать прекрасной альтернативой утилизации соломы в энергетических установках. На сегодняшний день эта технология еще не вошла в производство, но в Дании находится самая большая в мире экспериментальная установка для производства биоэтанола, и вероятность начала функционирования этого сектора в ближайшем будущем очень велика.**

Использование соломы в качестве топлива для энергетических установок – досконально изученная технология на сегодняшний день. Также это один из самых рациональных способов эффективного использования энергии, особенно это касается теплоэлектростанций, работающих на соломе.

Существуют также другие технологии утилизации соломы, которые могут представлять не меньший интерес, чем просто сжигание. Биоэтанол, полученный на основе соломы, может заменить бензин, что окажет положительный эффект на уменьшение выбросов парниковых газов от транспортного сектора. Доля выбросов CO₂ от транспортного сектора в мировом масштабе составляет 25%, и этот процент постоянно растет. Как следствие, биотанол может стать отличной возможностью улучшения экологической ситуации в мире. Если биоэтанол будет составлять всего 10% от доли бензина, то не потребуется замена конфигурации автомобильных двигателей.

Производство биоэтанола на основе зерна, маиса и сахарного тростника – хорошо отработанная технология. В таких странах как, например США и Бразилия, расположены заводы первого поколения по производству биоэтанола в качестве заменителя бензина.



Фото: Torben Skott/BioPress

Проведение экспериментов по производству биоэтанола на энергетической установке Skjrbjkk вблизи г. Fredericia. Результаты проведенных опытов стали предпосылкой возведения экспериментальной установки недалеко от г. Kalundborg.

В последние годы производство биоэтанола из продуктов сельского хозяйства вызывает общественную критику. Увеличение спроса на биоэтанол связывают с возможностью роста цен на продукты питания, а также обострения проблемы голода в бедных странах. Острая критика в адрес производителей этанола из продуктов сельского хозяйства стала причиной разработки технологий “второго поколения”, что означает производство биоэтанола из отходов пищевой промышленности.

БИОТОПЛИВО ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Солома и другие отходы могут использоваться как сырье, так как в них содержатся сахаристые вещества в виде целлюлозы и гемицеллюлозы, хотя выделить эти сахара довольно проблематично. Это требует сложной предварительной обработки, при которой солома нагревается под давлением, а также необходимо добавление энзимов для расщепления биомассы.

Проще говоря, если человек ест картофель, то вырабатываемая слюна расщепляет продукт на молекулы сахара, которые служат источником энергии для тела. Если же, кто-то вздумает есть солому, его пищеварительный тракт не сможет ее переварить из-за отсутствия энзимов, химических, физических и микробиологических факторов строения человеческого организма.

В прошлом надежные технологии предварительной обработки биомассы были недоступны, и затраты на покупку энзимов были слишком велики. Сейчас дело обстоит иначе: эта область получила развитие, и сегодня датские компании могут предоставить заводам необходимые технологии для производства биоэтанола второго поколения. Огромную роль в развитии технологий производства биоэтанола второго поколения сыграли компании Novozymes и Genesoc, которые являются мировыми лидерами в производстве энзимов, расщепляющих целлюлозу и гемицеллюлозу до молекул сахара; а также филиал DONG компании Inbicon, которому принадлежит большое опытное производство.

Вообще, производство этанола очень энергозатратное, и в большинстве случаев разумнее объединить производство биоэтанола с работой энергетических установок или промышленных компаний, например теплоэлектростанций, где периодически имеется избыток вырабатываемой энергии.

При производстве биоэтанола остаются побочные продукты, которые могут быть использованы в качестве топлива или на корм скоту. Если производство биоэтанола осуществляется совместно с энергетической установкой, побочные продукты могут быть использованы в качестве топлива для энергетической установки вместо угля. Прочие отходы производства могут стать сырьем для производства биогаза, водорода, метаноловых химикатов или пластмассы.

УСТАНОВКА INBICON В Г. KALUNDBORG

Inbicon, филиал энергетической компании DONG, в ноябре 2009 г. вблизи г. Kalundborg открыл предприятие, на котором ежегодно перерабатывается 30 000 тон соломы для получения биоэтанола, корма для скота и соломенных пеллетов. Inbicon – одно из самых больших в мире предприятий по производству биотоплива “второго поколения”, хотя в традиционном смысле слова это не завод. Если это предприятие будет работать на рынок, оно должно перерабатывать 500 000 тон соломы ежегодно. Основными приоритетами компании Inbicon являются: продвижение технологий и продажа лицензий другим проектам по всему миру.

Основным научно-техническим экспериментом компании Inbicon стала разработка технологии, позволяющей утилизировать солому в реакторе под давлением 15 Бар и температурой около 185 C0. В реакторе солома получает предварительную обработку, после чего с добавлением специальных энзимов происходит распад биомассы на сахаристые вещества. Дальнейший процесс напоминает технологию “первого поколения”, при которой молекулы дрожжей превращают сахар в биоэтанол (см. рис. 11).



Рисунок 11. Схема производства этанола на предприятии Inbicon. Схема производства этанола из соломы на предприятии Inbicon. Центральный элемент – предварительная обработка соломы, которая проходит под давлением 15 Бар и при температуре 185 C0. Производство биоэтанола происходит совместно с энергетической установкой, что позволяет использовать избыточную теплоэнергию для производства этанола. К тому же, энергетическая установка может утилизировать часть биомассы, оставшейся от производства этанола, в качестве топлива.

Компания DONG Energy проводит исследования в области биоэтанола с 1990 г. В 2003 этой компанией был построен первый экспериментальный завод, и исследования получили свое дальнейшее развитие. Сегодня производственный процесс включает полную цепочку от сырья до получения биоэтанола. Большое внимание уделяется предварительной обработке биомассы, что делает компанию мировым лидером в этой области. Исследования в области производства биоэтанола проводятся совместно с компанией Borge Holm Christensen и некоторыми исследовательскими институтами Дании, например Riso DTU (Национальная лаборатория эффективной энергетики) и Университетом Копенгагена.

БИОГАЗОЛЬ

Датская компания BIOGASOL разработала еще одну концепцию производства биоэтанола, суть которой заключается в содержании газообразного вида топлива – метана и водорода – в побочных продуктах производства. Этот принцип показан на рисунке 12.

Сперва солома подвергается предварительной обработке в кислородной среде, после чего биомасса распадается под действием энзимов. Ферментация проходит в два этапа: 1. Преобразование целлюлозы, 2. Превращение гемицеллюлозы в биоэтанол. На последней стадии процесса вода и остатки биомассы идут в реактор, где вырабатываются метан и водород.

В сентябре 2006 г. новая экспериментальная установка Maxifuel, принадлежащая Датскому техническому университету, начала свою работу. И в планах на 2011г. открыть на датском острове Bornholm экспериментальную установку большего масштаба, стоимость которой составит 200 миллионов DKK.



Рисунок 12. Схема производства этанола на предприятии Biogasol. Предварительная обработка биомассы осуществляется под давлением с добавлением мягкой кислоты, что приводит к распаду волокон соломы. В результате химические цепочки сахарозы готовы к последующей обработке с помощью энзимов и/или ферментации. Более того, компания Biogasol вывела генетически модифицированные термофильные микроорганизмы, которые превращают сахар C5 в этанол, а также увеличивают выработку этанола из соломы на 30-40%.

Получение газа из соломы

▶ В городе Kalundborg компанией DONG Energy была построена большая установка для газификации биомассы, где сперва из соломы получают газ, который после сжигается на существующей энергетической станции. Если данный метод оправдает себя, то производство газа на основе соломы станет технологией будущего по утилизации некоторых проблемных видов топлива, например соломы и твердой фракции сепарированной навозной жижи. Еще одним вариантом использования соломы является ее утилизация в биогазовой установке, но на сегодняшний день эта область еще недостаточно изучена.

CFB – процесс газификации биомассы на циркулирующем жидком дне. При CFB биомасса конвертируется в газ, после чего газ сжигается в печной установке на энергетической станции. Данная технология позволяет вынимать золу из печной камеры (бойлера), что делает возможным использование различных видов топлива без риска появления грубого налета и коррозии на стенках бойлера. В данной системе можно сжигать солому и отходы производства в существующих бойлерах для угля, так как возможна сепарация видов золы и их использование по отдельности.

Традиционные газогенераторы CFB требуют температуры 850-900°C, а при использовании биомассы возникает риск плавления золы, и, следовательно, высокая концентрация компонентов золной пыли может вызывать проблемы при охлаждении и

очистке газа. По этой причине в Дании “Технология жидкого дна” получила иное развитие в новой версии установки под названием “Циркулирующее жидкое дно низкой температуры” (LTCFB). Данная технология предполагает получение газа из биомассы при температуре ниже точки плавления золы, что делает возможным процесс дегазации соломы на установке.

В традиционном газогенераторе CFB биомасса попадает в реакционный отсек, где происходит ее быстрое нагревание при помощи циркулирующих в системе частиц песка и пепла (см. рис. 13). В газогенераторе LTCFB основной реакционный отсек меньшего размера и температура в нем ниже. Смысл заключается в процессе быстрого пиролиза, а не газификации кокса, что отнимает много времени.

Так как процесс осуществляется в отсутствие кислорода, биомасса не поджигается, а конвертируется в газ пиролиза (80%) и кокс (20%). Частицы кокса газифицируются в отдельном реакторе, куда подается воздух и водяной пар.

Впервые данная технология была опробована в 2000 году на экспериментальной установке, принадлежащей Датскому техническому университету. И уже через три года была запущена установка мощностью 50 кВт, где ежедневно можно газифицировать 4 тонны топлива. Вскоре в г. Kalundborg компания Dong Energy открыла демонстрационную установку, мощностью 6МВт, где получаемый газ будет использоваться на ближайшей энергетической станции.

В газогенераторе LTCFB солома попадает на дно отсека для пиролиза, где она нагревается до примерно 650 °C. Так как процесс проходит в отсутствие кислорода, солома не воспламеняется, а подвергается пиролизу (80%) и превращается в кокс (20%). Пар с циркулирующими в нем песчинками разрушает частицы кокса, в результате чего они опускаются на дно отсека пиролиза и переходят в реактор, в котором из кокса вырабатывается газ.

При газификации кокса в отдельном отсеке температура не должна быть высокой, чтобы не происходило плавление золы. Зола, содержащая щелочные соли и фосфор, может быть удалена из отсека, т.е. получение газа не вызывает появления налета и коррозии оборудования. Оставшийся пепел может быть утилизирован в качестве удобрения.

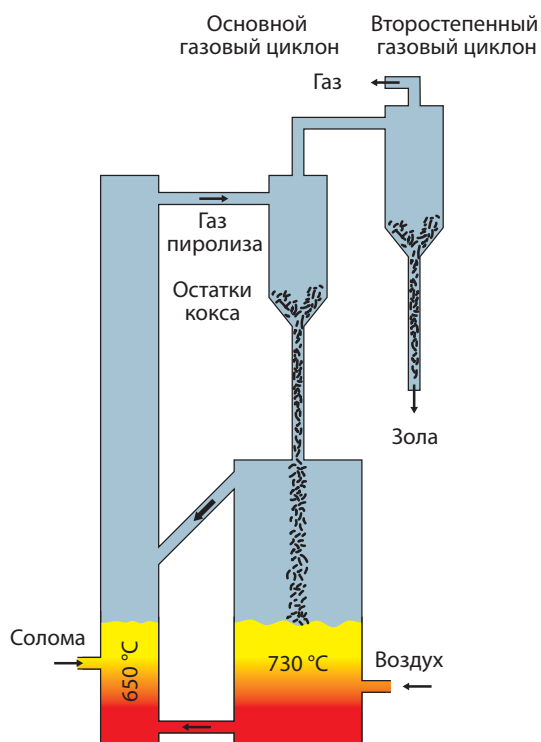


Рисунок 13. Превращение соломы в газ в газогенераторе LT-CFB

ДЕШЕВОЕ И УДОБНОЕ РЕШЕНИЕ

Газогенератор LTCFB имеет довольно простую конструкцию, и следовательно, эксплуатационные расходы значительно ниже, чем у других видов газогенераторов. Более того, газогенератор LTCFB является более гибким решением в вопросе выбора топлива, что было доказано в ходе успешных провиденных опытов с:

- Дровесиной, но только для краткосрочного использования, так как древесина напрямую используется в качестве топлива в печных установках.
- Некоторыми видами соломы, включая типы соломы с высокой долей золы, калия и хлора.
- Некоторыми видами сепарированной твердой биомассы после биогазовых установок.
- Субстратом из отстойников с морской водорослью, а также цитрусовой кожурой.

Основным критерием успешного функционирования газогенератора является температура, которая должна быть ниже точки плавления золы – этот фактор был доказан в результате всех экспериментов.

Как показали последние опыты, проведенные Датским техническим университетом, возможна очистка газа в циклоне, его охлаждение до 300 С0, после чего следует завершающая очистка в фильтрах. Здесь очень важно, чтобы зола и тяжелые смолистые частицы не конденсировались в охладителе и в фильтрах.

Фильтрация насыщенного смолистыми веществами газа дает возможность использовать его в установках, работающих

на природном газе, а также в бойлерах, рассчитанных исключительно на природный газ. Если не подвергать газ фильтрации, то его использование ограничивается энергетическими установками, работающими на угле. В ходе проведенных опытов было выявлено, что получаемый газ можно периодически использовать в процессах, требующих газа с низким содержанием в нем смолы.

ОТ ГАЗА ДО ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Амбициозной целью энергетической системы будущего является возобновляемая энергетика, которая основывается на производстве электричества с помощью солнечных батарей и ветряных турбин. Планируется, что к 2050 возобновляемая энергетика составит 50% от общего производства энергии. Для этого необходимы очень “гибкие” (в смысле использования топлива) энергетические установки, что дает газификационным установкам большое преимущество в этом плане. Газификационные установки могут легко менять уровень производительности, а газ может быть конвертирован в жидкое топливо в виде метанола, который может использоваться в качестве горючего для автомобилей. В ветреные сезоны газификационные установки могут производить топливо, пригодное для хранения, для транспортного сектора, а в сезоны, когда мало солнца и ветра, перерабатывать биомассу в электроэнергию.

Сегодня метанол, главным образом, используется в качестве антифриза, растворителя и в химической промышленности, а также в двигателях внутреннего сгорания и солнечных батареях.

СОЛОМА ДЛЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Сегодня многие энергетические установки используют технические культуры для производства биогаза, и лишь некоторые видят перспективу в использовании соломы в качестве сырья для биогазовой промышленности. Получаемая энергия составляет около 60% возможной прибыли от сжигания газа, хотя сфера применения газа намного шире, а сохранившиеся питательные вещества востребованы в сельском хозяйстве, особенно это касается углерода.

До настоящего времени смешивание соломы с жидким навозом представлялось проблематичным, но новые технологические системы постоянно развиваются в этом направлении. Уже имеются новейшие технологии предварительной обработки субстрата, которые позволяют увеличить выработку газа на 50%. Наиболее опробованной технологией на сегодняшний день является “приготовление под давлением”, которая используется для производства биоэтанола второго поколения. Более того, ведутся исследования в области механических процессов, позволяющих сжимать солому до состояния взрывчатости. Преимуществом данной технологии является ее более низкая энергоинтенсивность, чем у технологии “приготовление под давлением”.



Фото: Torben Skatt/BioPress



Газификационная установка в г. Kalundborg, где на основе соломы производят газ, который впоследствии используется на ближайшей электростанции.

КОМПАНИИ-ЭКСПЕРТЫ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГОРЕСУРСА

Логотип	Контакты	Описание	Продукция	Логистика	Предварительная обработка	Конверсия	Использование энергии	Исследования, консультации, торговая ассоциация и т.д.
	Knowledge Centre for Agriculture Agro Food Park 15 DK-8200 Århus N Tel: +45 8740 5000 www.vfl.dk	Компания информирует местные сельскохозяйственные консультативные службы о новейших научных исследованиях, а также разрабатывает технологии менеджмента в области растениеводства. Новые знания берутся из результатов научно-технических испытаний, проводимых опытов и распространяются через интернет порталы www.landbrugsInfo.dk и www.landmand.dk	•					•
	Fasterholt Maskinfabrik A/S Ejstrupvej 22 DK-7330 Brande Tel: +45 9718 8066 www.fasterholt.dk	Компания производит: • Профессиональное ирригационное оборудование. • Фургоны для транспортировки соломы (как для квадратных, так для круглых соломенных тюков).	•	•				
	FarmerTronic Industries A/S Nyskovvej 13 DK-6580 Vamdrup Tel: + 45 7692 0200 www.farmertronic.com	Компания разрабатывает и производит влагомеры для сельского хозяйства и индустрии. Профессиональным пользователям предлагается услуга калибровки, которая гарантирует строгое соответствие изготовленных компанией инструментов требованиям систем теплоэлектростанций.		•				
	Guldhammer Engineering Aps Gl. Silkeborgvej 33, Ø. Velling DK-8920 Randers NV Tel: +45 8646 1462 www.guldhammer.net	Производитель фургонов для профессиональной транспортировки всех типов соломенных тюков.		•				
	Johs. Randløvs Maskinfabrik A/S Vroldvej 49 DK-8660 Skanderborg Tel: +45 8652 1022 www.randloev-maskin.dk	Производитель фургонов для профессиональной транспортировки соломенных тюков больших размеров.		•				
	Parkland Maskinfabrik A/S Vejlemosevej 14 DK-4160 Herlufmagle Tel: +45 5764 2105 www.parkland.dk	Производитель фургонов для транспортировки больших соломенных тюков. Фургоны могут быть оснащены весами для взвешивания соломы.		•				
	POMI Industri Aps Abildvadvej 5, Thorup DK-9610 Nørager Tel: +45 9855 2000 www.pomi.dk	Производитель фургонов для транспортировки больших квадратных соломенных тюков. Фургоны рассчитаны на все типы больших тюков соломы.		•				
	Supertech Agroline Hestehaven 5 DK-5400 Bogense Tel: +45 6481 2000 www.supertech.dk	Компания-производитель оборудования для измерения содержания влаги и температуры сена, соломы, силоса и древесных опилок. Диапазон измерения содержания влаги: от 8,5% до 60%.		•				
	C. F. Nielsen A/S Solbjergvej 19 DK-9574 Vælum Tel: +45 9833 7400 www.cfnielsen.com	Компания производит механические и гидравлические прессовые установки для изготовления брикетов. Древесина и отходы сельскохозяйственного производства, например солома, прессуются в брикеты. Изготовление комплексных линий для производства брикетов всех видов: из древесных опилок, сельскохозяйственных отходов, соломы, рисовой шелухи и т.д.			•			


Логотип	Контакты	Описание	Продукция	Логистика	Предварительная обработка	Конверсия	Использование энергии	Исследования, консультации, торговая ассоциация и т.д.
	Lin-Ka Maskinfabrik A/S Nylandsvej 38 DK-6940 Lem St. Tel: +45 9734 1655 www.linka.dk	Компания разрабатывает и производит комплексные установки по переработке биомассы для производства теплоэнергии. В комплектацию входят бойлер, измельчитель соломы и конвейерная лента.			●	●	●	
	Passat Energi A/S Vestergade 36, Ørum DK-8830 Tjele Tel: +45 8665 2100 www.passat.dk	Производитель автоматизированных установок, работающих на биотопливе, мощностью 140-1000 кВт (например соломы). Компания предлагает технологии и инновационные идеи по переработке соломы на крупных (промышленного масштаба) установках, например для производства биоэтанола второго поколения, а также решения для бойлеров и логистики.			●	●	●	
	Skelhøje Maskinfabrik A/S Møllegårdsvej 52 DK-8600 Silkeborg Tel: +45 8695 1590 www.skelhoje.dk	Производитель печных установок (бойлеров) для сжигания соломы для теплоснабжения сельскохозяйственных и промышленных объектов.				●		
	Alcon A/S Frichsvej 11 DK-8464 Galten Tel: +45 8666 2044 www.alcon.nu	Производитель малогабаритных порционных установок для сжигания всех видов биотоплива, дымоходов из стали, бункеров для хранения, а также небольших печных установок для сжигания соломы и других видов твердой биомассы. Производит котлы для различного биотоплива.				●	●	
	Faust Vester Fjordvej 2 DK-9280 Storvorde Tel: +45 9831 1055 www.faust.dk	Компания разрабатывает и производит автоматические и с ручным управлением бойлеры, работающие на древесных опилках и соломе в качестве топлива. Производство ориентировано, в основном, на бойлеры с высокой энергоэффективностью и мощностью от 150 кВт до 1,5 МВт.				●	●	
	Kaas Staalbyg A/S - KF Halmfyr Hjulmagervej 12-16 DK-9490 Pandrup Tel: +45 9618 3232 www.kaasstaalbyg.dk	Разработчик и производитель габаритных установок для сжигания соломы с ручным управлением. Все типы установок имеют высокую эффективность и сертифицированы Министерством торговли и промышленности на соответствие стандартам по выбросу CO2. Произведенные в Дании установки подходят для сжигания соломы с высоким содержанием воды в ней.				●	●	
	Overdahl Kedler ApS Hjallerupvej 21 DK-9320 Hjallerup Tel: +45 9828 1606 www.overdahl.dk	Производитель механических котлов и печных установок (бойлеров), включая котлы для сжигания отходного зерна, пеллетов, древесной щепы и т.д. Сжигание биомассы может происходить в сочетании с твердым топливом, например кусками древесины и/или соломой.				●	●	
	REKA Vestvej 7 DK-9600 Aars Tel: +45 9862 4011 www.reka.com	Производитель бойлеров с ручным управлением, а также полностью автоматизированных печных установок для сжигания разного вида твердого топлива (биотоплива): автоматические печные установки мощностью 10-6500 для сжигания соломы, древесной щепы, древесных опилок и стружки, пеллетов, угля, зерна и шелухи.				●	●	

Логотип	Контакты	Описание	Продукция	Логистика	Предварительная обработка	Конверсия	Использование энергии	Исследования, консультации, торговая ассоциация и т.д.
	Scanboiler Varmeteknik A/S Vangvedvænget 1 DK-8600 Silkeborg Tel: +45 8682 6355 www.scanboiler.dk	Компания специализируется на дизайне и продаже установок для сжигания биотоплива – древесных пеллетов, древесной щепы, твердого топлива и соломы – с бойлерами мощностью 10,5-600 кВт. Компания также продает системы для геотермальной и солнечной энергетики.				•	•	
	Aarhus Universitet Department of Biosystems Engineering Blichers Allé 20 DK-8830 Tjele Tel: +45 8999 1900 www.agrsci.au.dk	Проведение исследований в области инженерных технологий и методов хранения, уборки и переработки соломы и технических культур. Испытание бойлеров для сжигания соломы с целью установления их энергоэффективности, определения доли кислорода, угарного газа, золы и т.д. в выхлопном дыме.						•
	AgroTech A/S Agro Food Park 15 DK-8200 Århus N Tel: +45 8743 8400 www.agrotech.dk	Предоставление информации о: • урожайности различных культур, ресурсах соломы в различных географических условиях, качестве соломы для сжигания; • технологиях хранения и транспортировки соломы от поля к покупателю.						•
	Con Terra Niels Pedersens Allé 2 DK-8830 Tjele Tel: +45 8999 2540 www.conterra.dk	Географическое обозрение и статистика, например для документации исследования рынка и плана осуществимости, основанные на новейших общественных регистрах, к примеру производство соломы в соответствии с выбором сельскохозяйственной культуры.						•
	Dansk Fjernvarme Merkurvej 7 DK-6000 Kolding Tel: +45 7630 8000 www.danskfjernvarme.dk	Торговая ассоциация, представляющая интересы датских теплоэлектростанций. 62% (что равняется 1.6 млн) домохозяйств Дании получают теплоснабжение от станций-членов Ассоциации энергетических станций Дании. Станции-члены – это как небольшие местные теплоцентрали, так и крупные компании, к примеру DONG (www.dongenergy.dk) и Vattenfall (www.vattenfall.dk).						•
	Danske Halmleverandører Axeltorv 3 DK-1609 København V. Tel: +45 3339 4990 www.danskhalm.dk	Частная ассоциация поставщиков, представляющая интересы своих участников. Ассоциация строго придерживается политических рамочных условий в вопросе утилизации соломы, поддерживает тесное сотрудничество с покупателями соломы и следит за появлением новых разработок и технологий по использованию соломы.						•
	Landbrug og Fødevarer Axeltorv 3 DK-1609 København V. Tel: +45 3339 4000 www.lf.dk	Торговая ассоциация, сферой деятельности которой является рассмотрение общих задач и интересов фермеров и продовольственных компаний. В компетенцию данной организации входят вопросы производства биомассы для биоэнергетики, энергосбережения и налогообложения						•
	KU-life - Forest & Landscape University of Copenhagen Rolighedsvej 23 DK-1958 Frederiksberg C Tel: +45 3533 1500 www.sl.life.ku.dk	Проведение исследований в области использования соломы в качестве энергоресурса, включая следующие темы: генетическая модификация и селекция, структура и химический состав соломы, ферментативные взаимодействия, устойчивость видов и био-очистка.						•
	PlanEnergi Jyllandsgade 1 DK-9520 Skørping Tel: +45 9682 0400 www.planenergi.dk	Компания предлагает консультативные услуги на всех этапах развития энергетической установки, начиная с планирования (анализ реализации проекта, дизайн, подача заявок, документы на тендер) до контроля за функционированием установки.						•

Логотип	Контакты	Описание	Продукция	Логистика	Предварительная обработка	Конверсия	Использование энергии	Исследования, консультации, торговая ассоциация и т.д.
 <p>Risø DTU Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi</p>	<p>Risø DTU National Laboratory for Sustainable Energy Technical University of Denmark Frederiksborgvej 399 DK-4000 Roskilde Tel: +45 4677 4677 www.risoe.dtu.dk</p>	<p>Осуществление исследовательских проектов и другой научно-практической деятельности относительно анализа и методологии, предварительной и конверсионной технологий, например ферментативный гидролиз и ферментация, а также баланс биомассы.</p>						●
 <p>DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE</p>	<p>Danish Technological Institute Kongsvang Alle 27 DK-8000 Aarhus C Tel: +45 7220 2000 www.teknologisk.dk</p>	<p>В компетенцию Института входят следующие вопросы: ресурсы оборудования, логистика и переработка, организация поставок, подготовительные работы для строительства установок по сжиганию соломы различного масштаба, технологии сжигания, утилизация отходов производства.</p>						●

Заметки





В результате амбициозной и активной энергетической политики Дании, причиной которой явился нефтяной кризис 1973 года, сегодня датские компании заняли лидирующую позицию на международном рынке в сфере инновационных технологий использования соломы в качестве энергоресурса.

В первые годы развития энергетической политики солома рассматривалась как энергоресурс для самостоятельного теплоснабжения ферм, и уже сегодня солома широко используется в качестве биотоплива на централизованных и местных теплоэлектростанциях. Более того, новые технологии, такие, как пиролиз и производство биотоплива второго поколения, создают новые перспективы, отводя большую роль соломе в секторе энергоснабжения будущего, в дополнение к другим источникам возобновляемой энергии. Все это служит удовлетворению спроса на экологически чистые источники энергии для транспортного сектора.

В данной брошюре сделан обзор идей использования соломы в качестве энергоресурса, а также рассматриваются конкретные технологии, политики и инновационные решения утилизации соломы в энергетических целях Дании. В данной брошюре предложен список компаний и организаций, имеющих компетенцию в конкретных сферах цепи “от соломы к энергии”, включая производство, логистику, предварительную обработку, конверсию и утилизацию, с учетом различных дисциплин, например производство оборудования, оказание консультативных услуг, проведения исследований и предложение инновационных идей.