

минимального воздействия на почво-грунт и повреждения растений в агротехнические требования на разработку вновь проектируемых сельскохозяйственных машин и тракторов, а также внести дополнения в номенклатуру основных параметров таблицы 1 ГОСТ 24096-80. Так как сельскохозяйственная техника работает в самых разнообразных условиях эксплуатации, указанные ограничения необходимо классифицировать в соответствии с назначением машины, возделываемой культуры, принятой классификацией почво-грунтов и с указанием численных значений оценочных показателей. Эти данные должны также приводиться в технической характеристике машин.

В частности, применение данной методики на Белорусской МИС позволило экспериментально оценить проходимость самоходных кормоуборочных комбайнов отечественного и зарубежного производства при работе на торфяно-болотных почво-грунтах.

ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

Н.И.Бохан, П.Л.Фалюшин, И.С.Куликов, В.Б.Ловкис (БАТУ)

В процессе гидролизного производства около 40% перерабатываемой древесины идет в отходы. На гидролизных заводах Республики Беларусь каждые сутки эти отходы (лигнин) составляют более 800 т влажностью 65-70%. В основном лигнин выбрасывается в отвалы, где в течении ряда лет их накопилось около 5 млн. т.

В тоже время гидролизный лигнин может быть использован как в качестве энергетического топлива, так и в качестве сырья для получения удобрений и других полезных продуктов [1, 2].

На современном этапе одним из наиболее рациональных и экологически оправданных направлений утилизации лигнина является его применение в

качестве энергетического топлива. Примерно одна тонна влажного лигнина эквивалентна по теплотворной способности 200 кг мазута.

В тоже время лигнин из-за высокой влажности, низкой калорийности наличия в составе кислот, серы, а также из-за резко изменяющихся физико-химических и теплоэнергетических характеристик является трудносжигаемым энергетическим топливом.

Ранее разработанные (70-е годы) технологии и оборудование для сжигания лигнина по многим показателям не соответствуют современному уровню котельно-топочной техники. Возникают проблемы, связанные с вредными выбросами, поэтому актуальной задачей является разработка экологически безопасной технологии сжигания гидролизного лигнина.

В последние годы на гидролизных заводах освоена технология получения нейтрализованного лигнина, однако изучению процессов его горения в современных топочных устройствах не уделялось должного внимания. На брикетных заводах внедрена технология брикетирования лигнина вместе с торфом с предварительной сушкой до влажности 15%. Разрабатывается технология и оборудование для окусковывания лигнина методом пластичного формования при исходной влажности.

В настоящее время в институтах ИПИПРЭ, ИПЭ НАН РБ и БАТУ Минсельхозпрода проводится изучение термхимических превращений кислого и нейтрализованного лигнина в процессе пиролиза и горения с целью обеспечения и разработки экологически безопасной технологии его горения.

Моделирование процессов горения и термолиза лигнина проводили методом термического анализа (ТА) на деривотографе в потоке воздуха с применением тарельчатого держателя. Навеска образца составляла 100-120 мг, конечная температура 1000°C, скорость нагревания 10°C/мин, чувствительность по ТГ – 250 мг, ДТА – 1/20, ДТГ- 1/10.

Как следует из данных ТА, горение лигнина кислого и нейтрализованного протекает по-разному (рис.1,2).

Для кислого лигнина в области температур 300°C и 400°C на кривой дифференциально-термического анализа (ДТА), фиксирующей тепловые эффекты реакций, отмечены резкие экзотермические пики с соответствующей потерей массы на кривой термогравиметрического анализа (ТГ), ответственные и за горение органического вещества лигнина. Первый пик при 290°C обусловлен горением летучих веществ, образующихся при термическом разложении углеводных компонентов лигнина. Потери массы при этом достигают 55%. В интервале 290-350°C горение замедляется, потери массы практически не происходят (кривая ТГ), что можно объяснить образованием при окислении полукокса термоустойчивых соединений, разложение которых протекает с эндотермическим эффектом. При этом потеря массы компенсируется увеличением массы твердой фазы за счет присоединения кислорода. При температуре 400 - 425°C фиксируется второй резкий экзоэффект с потерей массы, что обусловлено горением не только летучих соединений (в их составе возрастает количество горючих компонентов – COH_2 , CH_4) но и горением твердой фазы – полукокса.

В интервале 425-510°C происходит постепенное выгорание термоустойчивых компонентов полукокса. Как известно, в области около 300-400°C в процессе термохимических превращений органического вещества топлив с высоким содержанием кислорода (древесина, торф) фиксируются экзотермические эффекты, обусловленные реакциями синтеза новых более термоустойчивых соединений. Это реакции изомеризации гетероциклов, карбоциклизации моноз и т.д. Поэтому величина экзотермического эффекта зависит не только от реакций окисления летучих продуктов термораспада топлива, но также от состава и строения исходного вещества.

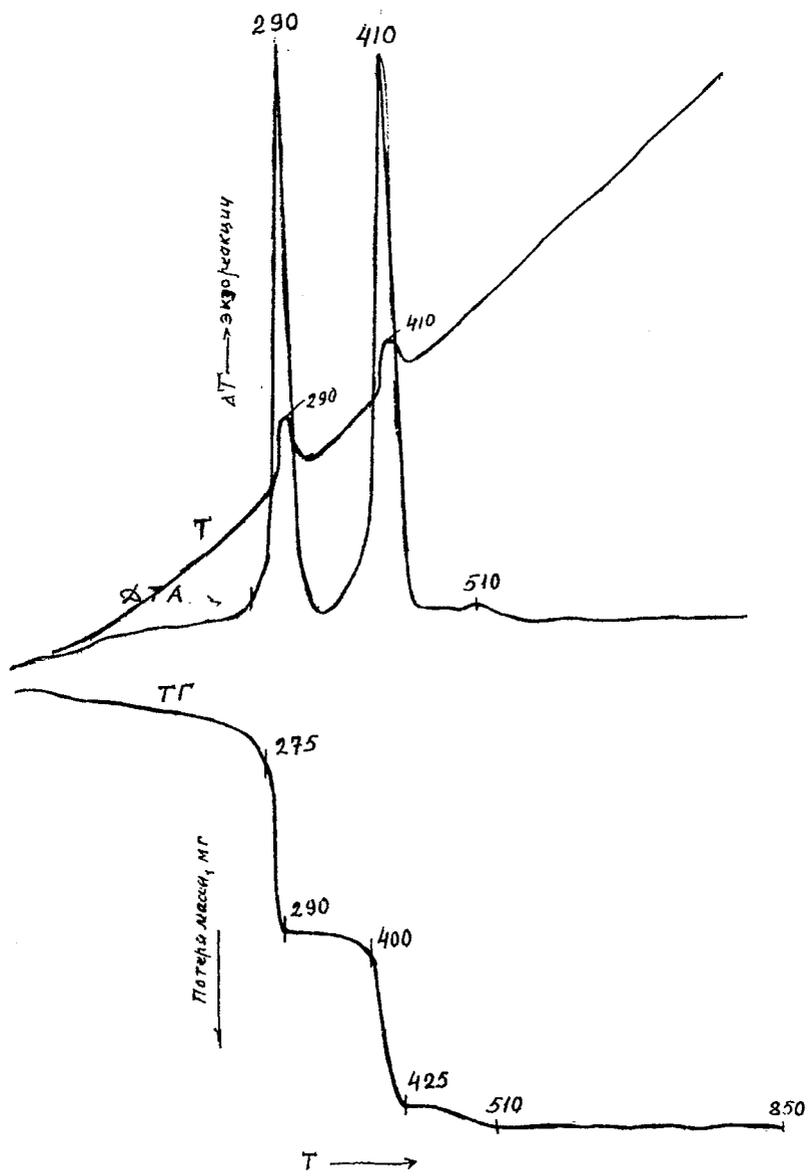


Рис. 1. Термический анализ кислого гидролизованного лигнина в потоке воздуха

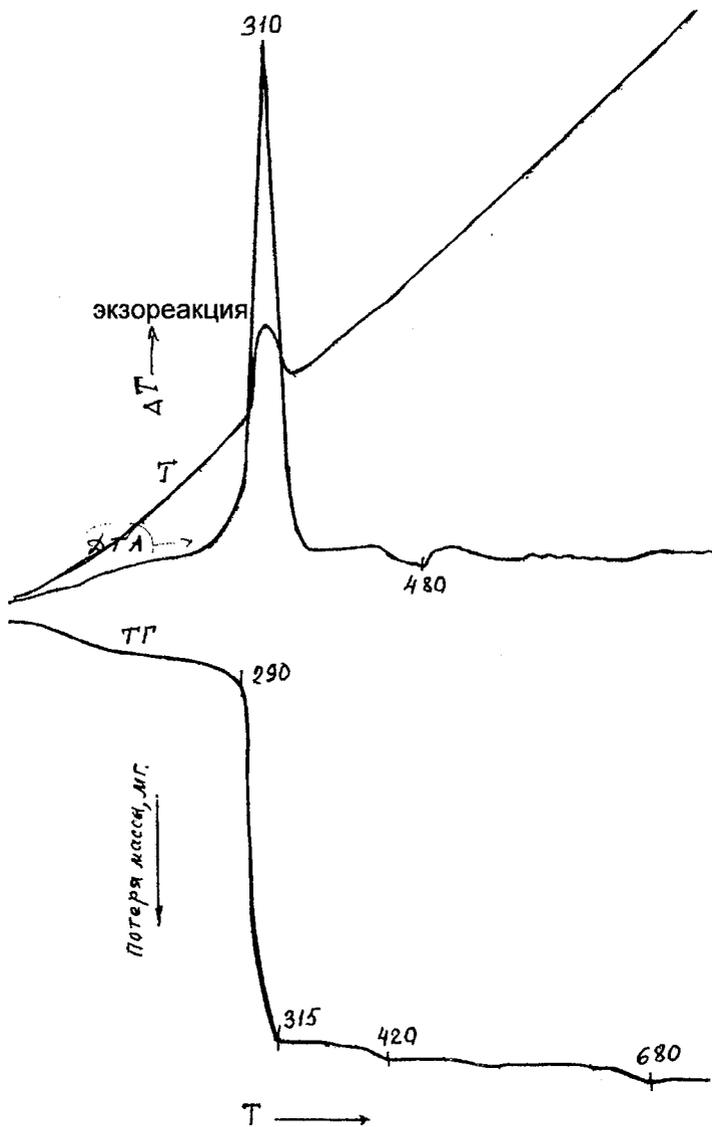


Рис.2. Термический анализ нейтрализованного гидролизованного лигнина в потоке воздуха

Таблица 1

Изменение термоустойчивости гидролизованного лигнина и других топлив в режимах горения и пиролиза

№	Наименование образца топлива	Условия опыта	Потери массы (%) в интервале температур, °С		
			200-600	600-900	До 900
1.	Лигнин нейтрализованный, Бобруйск	В	56,9	12,9	72,1
2.	Лигнин нейтрализованный, Бобруйск	П	52,2	14,5	70,5
3.	Лигнин кислый, Бобруйск	П	48,7	10,1	61,2
4.	Лигнин кислый, Речица	П	52,8	8,7	63,9
5.	Торф низинный	В	80,3	2,9	100,0
6.	Древесные отходы (опилки ели)	В	93,8	0,4	100,0
7.	Древесные отходы (опилки ели)	П	71,0	10,5	92,9

В – режим горения в потоке воздуха

П – режим пиролиза

Горение нейтрализованного гидролизованного лигнина, в отличие от кислого, протекает с одним резко выраженным экзотермическим эффектом – с максимумом при 310°С, причем основная потеря массы происходит в узком интервале температур – 290-315°С, при этом сгорает основное количество органического вещества лигнина.

По-видимому, горение твердой фазы интенсифицируется каталитическим влиянием минеральных соединений – CaCO₃, CaO, CaSO₄ и органоминеральными соединениями типа гуматов, которые образуются в результате нейтрализации лигнина и последующего их термического распада. В этом случае наблюдается одновременное

горение летучих соединений и твердые фазы, т.е. процесс горения протекает в одну стадию. В температурных интервалах 315-420°С и 420-650°С происходит выгорание органоминеральных соединений полукокса.

Каталитический эффект минеральной части, в том числе соединений кальция, проявляется при термическом разложении и горении древесины, торфа, угля и горючих сланцев. Известно, что введение в уголь методом пропитки солей кальция приводит к снижению энергии активации реакции горения с 127 до 78-93 ккал/моль.

Реакционная способность нейтрализованного лигнина по отношению к кислороду воздуха значительно выше реакционной способности кислого лигнина, что подтверждается данными по термоустойчивости (табл.1). В реальных условиях это проявляется повышением интенсивности горения нейтрализованного лигнина в топках котлов и газогенераторных установках.

Как следует из данных табл. 1, термоустойчивость гидролизного лигнина, рассчитанная на основе термогравиметрического анализа (кривая ТГ), выше по

Влияние нейтрализации гидролизного лигнина на связывание серы при сжигании и пиролизе

Таблица 2

№	Наименование образца	Влажность, %	Зольность, %	Содержание серы, %	Содержание серы в золе лигнина, %
1.	Лигнин кислый, Бобруйск	66,3	2,2	0,42	6,9
2.	Полукокс (Т=500°С) кислого лигнина	5,0	6,1	0,55	-
3.	Лигнин нейтрализованный, Бобруйск	68,0	10,4	0,54	5,2
4.	Полукокс (Т=500°С) нейтрализованного лигнина	5,1	23,0	0,95	-

сравнению с торфом и древесным топливом. Потеря массы при его горении или термолизе до 900°C составляет 61-72%, в то время как торф и древесные отходы при этих условиях полностью сгорают и потери массы достигают 100%. Это следует объяснить химическим составом гидролизованного лигнина, т.е. более высоким содержанием углерода, наличием в органическом веществе термоустойчивых ароматических структур.

Нейтрализованный лигнин при равной влажности сгорает раньше кислого, что связано, как уже отмечалось, с его более высокой реакционной способностью по отношению к кислороду ($C+O_2 \rightarrow CO_2$) вследствие каталитического влияния минеральной части. При газификации топлива в слое важное значение имеет реакционная способность кокса по отношению к CO_2 ($C+CO_2 \rightarrow CO$). На эту реакцию также оказывают положительное влияние минеральные составляющие лигнина.

Таким образом, ввиду разной термоустойчивости лигнина по отношению к торфу и древесине, сжигание смесей этих топлив позволяет снизить вредные выбросы в атмосферу за счет образования вокруг горящих частиц лигнина золы торфа или древесины, связывающей оксид серы в сульфат по реакции $SO_2 + CaO + 1/2O_2 \rightarrow CaSO_4$.

При этом необходимо создать оптимальные условия горения топлив для протекания процессов хемсорбции между диоксидом серы и компонентами золы. Этим требованиям отвечают условия сжигания во вращающихся печах, установках с кипящим слоем, а также в газогенераторах.

Как следует из данных таблицы 2, степень связывания летучих сернистых соединений при сжигании нейтрализованного лигнина примерно в два раза выше по сравнению с кислым лигнином. Это нашло подтверждение при сжигании лигнина в газогенераторных установках.

Результаты испытаний – наличие в дымовых газах при газификации сухого

(влажностью ниже 20%) нейтрализованного лигнина диоксида серы с концентрацией 230-260 мг/нм³, что близко к значениям, полученным при сжигании брикетов из низинного торфа. Температура факела горения в жаровой трубе при этом достигала 1000-1100°С.

На основании экспериментальных исследований установлено, что сжигание нейтрализованного лигнина, также как торфа и древесины, целесообразно проводить в существующих топочных устройствах и газогенераторах (АО «ИМПЕТ», УГВ-Т, КВТ-4-115 и др.) малой и средней мощности после его предварительной подсушки как в мелкозернистом, так и в окускованном виде.

Кислый гидролизный лигнин с исходной влажностью 65% или подсушенный до влажности ниже 35% следует сжигать в виде смесей с другими топливами, что позволяет снизить вредные выбросы в атмосферу до значений близких при сжигании торфа и угля.

Литература

1. Мароне И. Я., Маслов В.Е. и др. Использование лигнина в качестве энергетического топлива. Обзорная информация. Серия П.
2. Чудаков М.И. Промышленное использование лигнина. М.: Лесная промышленность, 1983