

ошибок. Иначе говоря, если кривые накопления разностей  $d$  «гуляют» в пределах коридора, определенного как  $\pm 3\eta\sqrt{L}$ , то уверенно судить о систематических ошибках нельзя. Если же на каком-либо участке или по всей линии кривые выходят за предел коридора, то можно уверенно предположить, что какие-то факторы привели к систематическому влиянию. Что наглядно продемонстрировано на рисунках.

### Литература

1. Инструкция по вычислению нивелировок. М.: Недра, 1971. 108 с.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М.: ЦНИИГАиК, 2004. 226 с.
3. Мещерский И.Н., Энтин И.И. Анализ результатов нивелирования I и II классов. // Труды / ЦНИИГАиК. 1972. Вып. 169. С. 3-26.
4. Иванов В.Г. Общность и региональные различия в накоплениях разностей  $d$  в нивелировании I класса в линиях разного направления // Геодезия и картография. 2007. № 5. С. 16-21.
5. Иванов В.Г. Разделение линий нивелирования I класса по широтному признаку // Геодезия и картография. 2003. № 6. С. 11-16.
6. Иванов В.Г. Величины и характер накопленных разностей  $d$  в нивелирных линиях I класса в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2007. № 2. С. 33-37.
7. Иванов В.Г. Погрешности нивелирования I класса высотной основы России // ГЕО-Сибирь 2005: сб. материалов науч. конгресса. Новосибирск, 2005. Т.1. С. 42-48.
8. Хаимов З.С. Закон арксинуса и анализ результатов высокоточного нивелирования // Геодезия и картография. 1999. № 9. С. 13-21.
9. Хаимов З.С. Закон арксинуса и оценка точности высокоточного нивелирования. // Там же. № 10. С. 7-14.
10. Хаимов З.С. О прогнозе накопления ошибок в высокоточном нивелировании // Там же. 2001. С. 5-10.
11. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. М.: 1967. Т.1.
12. Drodofsky M. Systematische Fehler in Nivellement // Z. f. Vermessungswesen. 1959. № 7. P. - 242-246.
13. Энтин И.И. Высокоточное нивелирование // Труды / ЦНИИГАиК. 1956. Вып. 111. 200 с.

УДК 630.32; 630.867.3; 662.76

Л.А. Мамаев, А.Н. Сухих\*, А.А. Варфоломеев

### ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ НЕЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ТОПЛИВА

*Рассмотрены возможности использования растительной биомассы в виде лесосечных отходов и тонкомерных насаждений для переработки в газогенераторах и получения топливного газа. Предложенная мобильная установка позволяет повысить эффективность лесосечных работ и утилизировать древесные отходы. Приведен обзор современных модификаций газогенераторов на древесном топливе.*

**Ключевые слова:** отходы лесозаготовки и лесопереработки, низкосортная древесина, лесозаготовительные машины, газогенератор.

Развитие мировой энергетики должно быть направлено на максимально возможное замещение ископаемого топлива альтернативными возобновляемыми источниками энергии. Особое внимание уделяется использованию биологических видов топлива в связи их с широкой распространенностью, доступностью и экологической безопасностью. Для России особенно актуально использование древесного топлива, поскольку наша страна обладает наибольшими в мире запасами древесины, расположенными в основном в отдаленных районах, куда доставка ископаемого топлива требует значительных затрат. В то же

время насущной остается проблема использования лесосечных отходов на предприятиях лесопромышленного комплекса (ЛПК) сибирского региона. На отдельных стадиях производства лесопроизводства часть древесного сырья из-за низкой товарной ценности не используется или теряется в виде отходов. Дополнительным сырьем для переработки в лесозаготовительном производстве могут служить отходы лесозаготовок и лесоперерабатывающих производств, а также древесина, образующаяся на лесных складах при переработке хлыстов. Это сырье может быть использовано для переработки в технологическую щепу и другую

\* - автор, с которым следует вести переписку.

ценную продукцию. На лесосеках предприятий по переработке древесины скапливается огромное количество отходов, невостребованная короткомерная балансовая и дровяная древесина. Их доля доходит до пятидесяти и более процентов от объема заготовки. Внедрение технологий использования возобновляемых источников энергии (биомассы низкотоварной древесины и древесных отходов) в практику энергосбережения актуально на ближайшую перспективу, но требует дополнительных инвестиций, соответствующего научно-информационного и инженерного обеспечения.

Производство энергии и топлива из органического сырья заслуженно включено в перечень критических технологий, утвержденных правительством страны. Не менее важными являются вопросы повышения эффективности переработки древесины, решение социальных вопросов и строительства жилья на лесных предприятиях в удаленных районах. Необходимый комплекс мер для повышения эффективности работы лесозаготовительных предприятий включает:

- минимизацию убытков от производства дров;
- повышение эффективности заготовки и первичной обработки тонкомерных деревьев и лиственной древесины;
- перевод предприятий на собственные источники тепловой и электрической энергии – древесное топливо;
- организацию в леспромпхозах деревообрабатывающих производств;
- устранение сезонного характера лесозаготовительных работ.

Масштабы развития биоэнергетики в лесопромышленном комплексе напрямую определяются ресурсами древесного топлива. Российская Федерация обладает 20 % мировых лесных ресурсов. Часть лесных ресурсов недоступна для эксплуатации в настоящее время (резервные леса). Однако использование потенциала доступных для эксплуатации лесов может быть существенно улучшено, в том числе для энергетических целей. По оценкам 2007 г. [1], количество экономически доступных ресурсов древесного топлива в России составляет 91,05 млн. м<sup>3</sup>, из них 23,39 млн. м<sup>3</sup> (26 %) в Сибирском федеральном округе. Около 80 % древесного топлива образуется на предприятиях лесозаготовительной промышленности, из них более 80 % составляет дровяная древесина. Ежегодное количество отходов деревообрабатывающих предприятий России составляет более 70 млн. м<sup>3</sup>. Использование этих ресурсов будет оказывать существенное влияние на повышение эффективности работы лесной промышленности и лесной отрасли в целом. Энергетический потенциал экономически доступного древесного топлива составляет более  $5 \times 10^{17}$  Дж. Это означает, что лесопромышленный комплекс на 75 % может

обеспечить себя энергией за счет собственных энергоресурсов, а при целевой заготовке низкокачественной древесины – полностью. Полные данные фактического энергетического использования ресурса древесной биомассы в стране в настоящее время отсутствуют. Доля древесной биомассы в общем объеме потребляемой в России энергии, по разным оценкам, составляет 0,2-2,0 %. Так, по данным Росстата, за 2006 г. всего в России было израсходовано 630 млн. т у. т., из этого количества на долю древесного топлива приходится 2,3 млн. т у. т., то есть около 12 млн. пл м<sup>3</sup>, или 0,3 %. Еще одно важное обстоятельство делает для предприятий ЛПК особенно актуальным более полное использование древесины для производства энергии. По международным соглашениям, выбросы CO<sub>2</sub> при сжигании древесины не учитываются как антропогенные. Поэтому к осуществлению проектов по энергетическому использованию древесного топлива могут быть привлечены международные финансовые ресурсы в рамках механизмов Киотского протокола.

Таким образом, перевод предприятий лесопромышленного комплекса на собственные источники тепловой и электрической энергии – древесное топливо – это один из самых мощных факторов повышения эффективности его работы. Однако прямое использование низкокачественной древесины в энергетических целях сдерживается рядом факторов, обусловленных прежде всего свойствами биомассы (нестабильная влажность и размеры, низкая энергетическая плотность), что приводит к низкой эффективности транспортировки топливной древесины, необходимости сбора и концентрации данного ресурса и низкой технологии сжигания биомассы. Данные обстоятельства в большинстве случаев снижают экономическую эффективность энергетического использования биомассы, за исключением локального использования. Одним из решений данной проблемы является получение из древесной биомассы жидкого или газообразного топлива методом пиролиза. Выход продуктов определяется технологией пиролиза (таблица 1).

Основными преимуществами продуктов газификации биомассы при энергетическом использовании по сравнению с исходной древесиной являются их более высокая энергетическая плотность (для газа в сжатом состоянии), меньшие транспортные затраты, повышение технологичности энергетического использования, возможность прямого сжигания в турбинах и двигателях с генерацией электроэнергии или в двигателях транспортных средств, а также получение коммерческих продуктов для химического синтеза. Образующиеся в газогенераторах газы содержат продукты полного горения топлива (углекислый газ, вода) и продукты их восстановления, неполного горения и пирогенетического разложения топлива (угарный газ, водород, метан, углерод). В таблице

2 приведена характеристика древесного генераторного газа.

По многим показателям генераторный газ из древесины является более экологически чистым топливом в сравнении с мазутом, каменным углем: значительно меньше выбросы CO<sub>2</sub> при сжигании топлива, отсутствуют тяжелые металлы. Нагревание продуктов пиролиза древесины до 1000 °С с водяным паром и воздухом обеспечивает с большой вероятностью полное разложение токсичных смол и диоксинов [5]. Преимуществом является и пониженное образование золы. Эффективность газификации достигает 85-90 %. Благодаря этому, а также удобству применения газа, газификация является более эффективным и чистым процессом, чем простое сжигание древесины.

На кафедре лесоинженерного дела Братского государственного университета разработаны оборудование, методы, способы и технологии, направленные на комплексную переработку древесных отходов в ЛПК Иркутской области. Предложена модель самоходной установки [3, 4], позволяющей осуществлять заготовку тонкомерных неэксплуатационных насаждений, сбор древесных отходов и переработку их в топливный газ. На рис. 1 изображена установка для заготовки и переработки тонкомерных неэксплуатационных древесных насаждений. Установка состоит из шасси машины 1, съемной дополнительной рамы 5, рубительной машины 3, контейнера для хранения щепы 4, конвейера 7 для подачи щепы из контейнера в газогенератор, газогенератора 6, компрессорной станции 8, емкости для хранения топливного газа 9 и колонны 10 с опорно-поворотным устройством 11 и манипулятором 2, состоящим из стрелы 12, рукояти 13, захватно-

срезающего устройства 14. Работает установка следующим образом. Машина, двигаясь по кромке леса, выполняет валку тонкомерных деревьев с помощью манипулятора с захватно-срезающим устройством, им же подает их в рубительную машину, из которой получаемая щепа поступает в контейнер для хранения. Из контейнера щепа по мере необходимости подается конвейером в газогенератор, где сжигается для получения топливного газа. Полученный газ по трубопроводам проходит через компрессорную станцию, сжимается и попадает в емкость для хранения топливного газа.

Машина [4] может применяться в условиях лесосеки и лесного склада для очистки лесосек от неэксплуатационных насаждений, порубочных остатков, их сбора и переработки в топливный газ для самоходной установки и обеспечения топливом других лесозаготовительных машин, а также для использования на собственные нужды. В другой модификации [3] самоходная установка предназначена для переработки отходов деревообработки и получения топливного газа.

В разработанных конструкциях предлагается использовать известную технологию газификации, представляющую собой процесс высокотемпературного превращения древесины в форму щепы (10-150 × 10-100 мм), частично древесной зелени и опилок (до 10-15 %), при нормальном или повышенном давлении в генераторный древесный газ в специальных реакторах (газогенераторах) с ограниченным доступом воздуха. Сопутствующим продуктом является зола, которая также находит широкое применение.

Таблица 1

*Методы термохимической переработки биомассы*

Технология	Выход полезных продуктов (% сух. мас.)		
	жидкость	уголь	газ
Быстрый пиролиз: – температура 450-600 °С – время процесса <2 с.	75	12	13
Медленный пиролиз: – температура 500-700 °С – время процесса 5-30 мин.	30	30	40
Газификация: – температура >800 °С – время процесса >30 мин.	5	10	85

Таблица 2

*Характеристика генераторного газа, полученного из древесной щепы [2]*

Выход газа в расчете на рабочее топливо, м <sup>3</sup> /т	Состав, об. %							Нижняя теплота сгорания, ккал/м <sup>3</sup> (кДж/м <sup>3</sup> )
	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	
1300	6,5	0,4	0,2	29,0	14,0	3,0	46,9	1560 (6520)

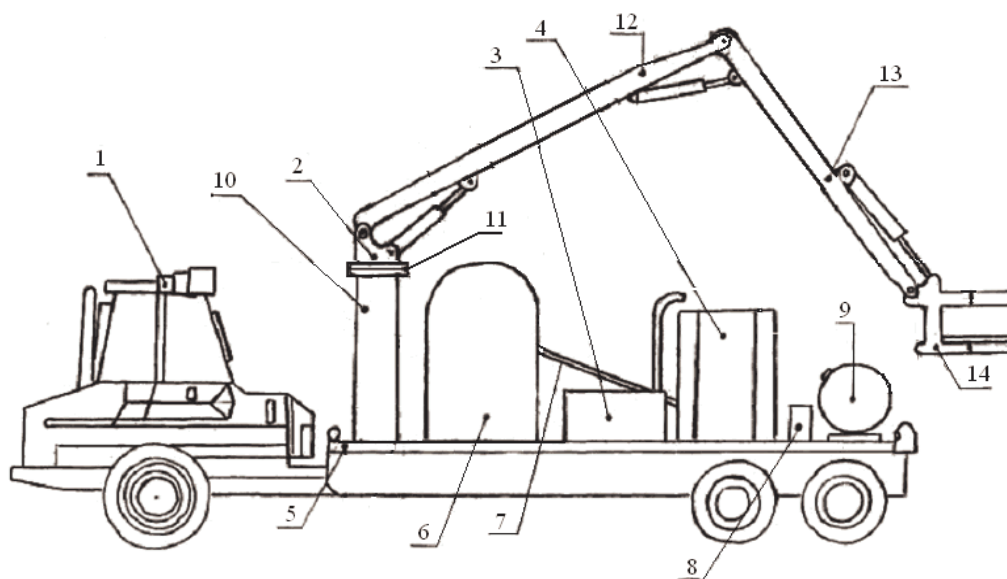


Рис. 1. Установка для заготовки и переработки тонкомерных неэксплуатационных насаждений.

Проведенный анализ показывает, что наиболее подходящей технологией получения энергии из древесных отходов для малых и средних предприятий, а также небольших поселков, использующих дизельные или мазутные электростанции и ТЭЦ, является обращенный процесс в модулях газификации с единичной мощностью 0,04-0,5 МВт и системой сухой или мокрой газоочистки, которые в совокупности с модулями подготовки топлива образуют серийные комплектные газогенераторные установки.

Обзор известных на рынке моделей установок газификации и анализ перспективных технических решений позволил описать оптимальные параметры оборудования. За основу конструкции взят малый газогенератор Woodbio серии «С», предназначенный для получения холодного сверхчистого газа для использования в двигателях внутреннего сгорания. Параметры газогенератора приведены в таблице 3.

Таблица 3  
Технические параметры малого газогенератора Woodbio 50-300 м<sup>3</sup>/час, серия «С» [6]

<b>Модель</b>	WDG 20...WDG 120
<b>Режим работы</b>	Непрерывный или периодический
<b>Топливо, крупность</b>	Щепа: 10-50 мм; опилки: 0,5-2,0 мм; пеллеты (гранулы): диаметр 5-15 мм
<b>Влажность</b>	Щепа <20 %; опилки, пеллеты <10 %
<b>Расход, кг/час</b>	20-150

<b>Подача</b>	Ручная, в том числе во время работы
<b>Мощность макс.</b>	По газу, м <sup>3</sup> /час – 50-300 Тепловая, Гкал/ч – 0,06-0,36
<b>Температура газа</b>	250-400 °С после газогенератора, менее 30 °С после системы очистки
<b>Калорийность газа</b>	1100-1300 Ккал/м <sup>3</sup>
<b>Тепловой к.п.д.</b>	В режиме горячего газа >85 %, в режиме холодного газа >75 %
<b>Удаление золы</b>	Непрерывное или ручное периодическое

Для обеспечения работы газогенератора на сырье высокой влажности – свежесрубленной древесине, повышения эффективности, надежности, эксплуатационной и экологической безопасности предлагается ряд известных и перспективных усовершенствований конструкции. В качестве одного из вариантов рассматривается одновременное использование генераторного газа в качестве топлива для лесозаготовительной установки и аккумулярование его избытка в сжатом виде. Известен способ получения генераторного газа для питания двигателя внутреннего сгорания (ДВС), включающий подачу всего потока выпускных (отработавших) газов двигателя в загруженную топливом реакционную камеру и отвод из нее генераторного газа, который делят на два потока, один из которых после предварительной очистки направляют в ДВС, а другой сжимают в компрессоре до давления транспортирования и направляют к дополнительным потребителям [7]. Способ газификации топлива для питания двига-

теля внутреннего сгорания [8] включает нагрев древесного топлива в реакционной камере тепловой обработавших газов ДВС до испарения воды. Генераторный газ образуется в результате взаимодействия углерода топлива, водяного пара и двуокиси углерода обработавших газов под действием тепла от обработавших газов и разрежения. Недостатком данных конструкций является отсутствие отвода влаги из реакционной камеры-газификатора, что исключает возможность работы на влажном исходном сырье; периодичность процесса из-за необходимости остановки работы установки на время загрузки реакционной камеры, а также неполное использование теплоты обработавших в ДВС газов.

Для устранения подобных недостатков исходное топливо подсушивают и подвергают процессу обращенной газификации. Полученный генераторный газ очищают, охлаждают атмосферным воздухом и делят на два потока, один из которых подают через накопительную емкость в двигатель внутреннего сгорания, а другой направляют на сжигание в парогенератор для получения водяного пара, который подают на газификацию [9]. Атмосферный воздух, нагретый в процессе очистки и охлаждения генераторного газа, также подают на газификацию, а образовавшиеся продукты сжигания генераторного газа в парогенераторе смешивают с обработавшими газами ДВС и подают для подсушивания исходного топлива. Древесное топливо подсушивают путем непосредственного контакта со смесью продуктов сжигания генераторного газа в парогенераторе с обработавшими газами ДВС при одновременном ворошении. Дополнительный монтаж перед обращенным газогенератором газодувки, вентилятора и смесителя газов позволяет повысить к.п.д. процесса. Существуют проекты совмещения газогенератора древесного топлива не только с ДВС, но и с двигателем Стирлинга – двигателем внешнего сгорания. Установка [10] имеет большой ресурс работы, может работать на различных видах местного топлива и предназначена для одновременного производства электроэнергии и тепла. Для повышения ресурса работы двигателя часть отработанных газов возвращается в камеру сгорания, что обеспечивает снижение температуры горения смеси генераторного газа и воздуха.

Ученые из Института проблем энергетики АН Республики Беларусь разработали установку [11] с замкнутым технологическим циклом по переработке древесины, что обеспечивает безопасность и позволяет получить повышенное качество генераторного газа, отсутствие в нем конденсируемых компонентов. Это позволяет транспортировать газ на большие расстояния и за этот счет организовать стационарное производство генераторного газа. Улучшение степени очистки газа достигается установкой между сушилкой и газогенератором ряда колонн, снабженных устройством с при-

водом для поочередного подключения каждой из них к выходу топлива из сушилки, к входу топлива в газогенератор и к трубопроводу генераторного газа. Качество топливного газа повышается при использовании двухступенчатого газогенератора в виде основной ступени и ступени дожига, установленных вертикально одна под другой на месте дислокации. Такая конструкция опробована на передвижной энергетической установке [12]. Наличие внутри корпуса газогенератора поворотных лопастей, оси поворота которых расположены параллельно рассекателю, обеспечивает возможность регулирования подачи топлива (производительности), использование различных по крупности древесных топлив за счет изменения ширины щели между поворотными лопастями и рассекателем, устранение зависания топлива [13]. Интенсивность газификации реализуется за счет дополнительной подсушки топлива и увеличения доли газов термического разложения, образующихся при контакте топлива с рассекателем и поворотными пластинами. При этом происходит снижение расхода топлива на 10-15 % и повышение к.п.д. процесса с 0,65 до 0,80. Конструкция другого газогенератора [14] обеспечивает повышение качества выходящего газа путем очистки аэрозоля от конденсата и смолы, а также наполнения его водородом, упрощает конструкцию, увеличивает долговечность за счет охлаждения камеры горения и колосниковой решетки паровоздушной смесью.

Особенности конструкции: колосниковые решетки и электроды высокого напряжения (около 10 кВ), расположенные на изоляторах между бункером и рубашкой с газоотводящим патрубком. В результате коронного разряда на стенках рубашки из-за близкого расположения к ней электродов происходит осаждение жидких фракций аэрозоля, включая смолу. Камера горения касается поверхности бункера и закреплена на колосниковой решетке с подпружиненными стойками, между которыми расположена зольная чаша. Газогенератор с объемом бункера 200 л изготавливался для получения из опилок и стружек топливного газа и жидких фракций для нужд деревообрабатывающих предприятий. Как известно, отходами пиролиза являются уголь и зола, поэтому в ряде случаев газогенератор может использоваться в качестве установки для производства древесного активированного угля.

Запатентована конструкция [15], обеспечивающая подачу оптимального количества равномерно истекающего газа в печную камеру и отбор остального газа для иных нужд. Для этого на реторте под отверстиями для выхода парогазов установлена расширительная камера с отверстиями в ее нижней части, сообщенными с печной камерой, и патрубком для отбора газа. За счет подачи оптимального количества пиролизного газа в печную камеру сокращаются вредные выбросы в ат-

мосферу. Все режимы работы легко автоматизируются. Сократить эксплуатационные затраты при получении древесного газа позволяет более экономное использование тепла, выделяющегося на разных стадиях пиролиза. Газогенераторная топка напрямую соединяется с внутренним объемом камеры пиролиза. Камера пиролиза расположена в камере сгорания над горелочным устройством [16]. Высушенное сырье помещают в камеру пиролиза; в камеру сушки помещают сырую древесину; отходы деревообработки загружают в газогенераторную топку. Образовавшиеся при сжигании генераторного газа топочные газы обеспечивают дополнительный нагрев сырья через стенку камеры пиролиза. Далее топочные газы через отводной патрубок камеры сгорания подаются в камеру сушки.

Оригинальное устройство газогенератора [17] позволяет газифицировать древесину с относительной влажностью до 120 % в качественный топливный газ, пригодный для питания ДВС мобильных электростанций. Газогенератор обращенного процесса газификации содержит футерованный корпус с подсушкой древесинных частиц в его верхней части. В корпусе размещено устройство виброожижения древесинных частиц, снабженное вибратором эксцентрикового типа и расположенное ниже фурменного пояса в камере восстановления. Газогенератор работает за счет принудительной тяги генераторного газа, осуществляемой двигателем внутреннего сгорания. Установка компактна, обеспечивает непрерывную работу в автономном режиме, высокую экономичность (благодаря переработке влажного опила посредством одной загрузки, без предварительной сушки) и высокие экологические показатели: в выбросах отсутствуют соли тяжелых металлов, CO, окислы азота; образование CO<sub>2</sub> уменьшается в 3 раза по сравнению с работой ДВС на жидком топливе.

Одними из наиболее эффективных и современных систем очистки генераторных древесных газов являются: сухая газоочистка с вихревым барботажным аппаратом, мокрая с инерционно-осадительным барботажом и каплеуловителем, а также ударно-инерционная с прямыми контактными каналами [18]. Однако эти системы применимы, как правило, только на крупных стационарных газогенераторах для мини-ТЭЦ. Для очистки генераторного газа, получаемого на мобильной установке, подходят фильтры. Немецкие ученые [19] для очистки газа, полученного в газогенераторах, работающих на древесине при 300-800 °С, использовали фильтры, изготовленные из SiO<sub>2</sub> и поддерживаемые при температуре 50-80 °С. Другой способ очистки углеводородсодержащих газов, образующихся в результате пиролиза древесины или других видов биомассы с образованием древесного кокса, заключается в том, что в очищаемые газы вводятся добавки – доноры про-

тонов (например метанол, бензин и т. д.), которые способствуют гидрирующему расщеплению вредных веществ в присутствии активного кокса [20]. Дополнительная установка к газогенератору автоматизированной системы управления процессом получения топливного газа и энергии с применением компьютера позволяет оптимизировать параметры пиролиза, повысить эффективность, улучшить экологические показатели. Компьютер может быть связан с преобразователями сигналов контролируемых параметров установки: подача топлива и воздуха, расход генераторного газа, работа смесителя, двигателя газодизеля, фильтров очистки, теплообменника, устройства для удаления золы и прочее [21, 22].

Таким образом, как показано выше, многие модели газогенераторов являются простыми и дешевыми устройствами. Их использование позволит во многих случаях заменить дорогое и дефицитное привозное топливо отходами лесозаготовок, сократить потребление электроэнергии дорогостоящих жидких и газообразных энергоносителей и существенно снизить количество загрязняющих выбросов в атмосферу по сравнению с существующими в настоящее время устройствами для прямого сжигания. Предлагаемые технологии повысят эффективность лесопромышленного комплекса и позволят обеспечить развитие биоэнергетики в рамках долговременных государственных программ развития лесного комплекса.

#### *Литература*

1. Суханов В.С. Роль биоэнергетики в повышении эффективности работы лесопромышленного комплекса России // Вестн. МГУЛ – Лесной вестник. 2009. № 4. С. 5-11.
2. Справочник химика. В 6т. Т.6: Сырье и продукты промышленности органических веществ / под общ.ред. Б.П. Никольского.Л.: Химия, 1967. 1012 с.
3. Самоходная установка для переработки древесных отходов и получения топливного газа: пат. 83826 Рос. Федерация. № 2009107544/22; заявл. 02.03.2009; опубл. 20.06.09, Бюл. № 17.3 с.
4. Установка для заготовки и переработки тонкомерных неэксплуатационных насаждений: пат. 101319 Рос. Федерация. № 2010122212/21; заявл. 31.05.10; опубл. 20.01.11, Бюл. № 2, 2 с.
5. Small-scale gasifier / К.К.Н. Choy[et al] // Chemical Engineering Journal (USA). 2002. 109, № 3. С. 19.
6. Газогенераторы Woodbio [Электронный ресурс] // Модули газификации. Энергия из биомассы. Flex Technologies, Inc, USA:[сайт] URL: <http://flextech.ru/recept/gasifiers/> (дата обращения: 02.03.2011).
7. Пат. 2099553 РФ. Способ получения и использования генераторного газа и установка для

его осуществления: пат. 2099553 Рос. Федерация. № 95122403/06, заявл. 26.12.95 опубл. 20.12.1997.

8. Способ газификации топлива для питания двигателя внутреннего сгорания: ас 1325173 СССР. № 4004932; заявл. 06.01.86.; опубл. 23.07.87.

9. Способ газификации топлива для питания двигателей внутреннего сгорания и установка для его осуществления: пат 2376482 РФ / В.П. Комаров, А.Н. Ульянов, Ю.Н. Шаповалов, Э.Н. Куфа, В.А. Андреев, О.В. Долгих, Е.В. Складнев. Оpubл. 20.12.2009. Бюл. № 35.

10. Пат. 2300654 РФ. Когенерационная установка с двигателем Стирлинга на местном топливе / Н.Г. Кириллов, А.В. Кириленко. Оpubл. 10.06.2007. Бюл. № 16.

11. Пат. 2021639 РФ. Газогенераторная установка / Г.Г. Колчанов, А.В. Наганов, И.А. Савушкин, В.Д. Дубровский, В.Н. Соловьев. Оpubл. 15.10.1994.

12. Пат. 2027880 РФ. Передвижная энергетическая установка / И.А. Савушкин, Г.Г. Колчанов, А.В. Наганов, В.Д. Дубровский. Оpubл. 27.01.1995.

13. Пат. 2147601 РФ. Газогенератор для твердого топлива / И.И. Лиштван, И.С. Нашкевич, А.А. Терентьев, П.Л. Фалюшин, В.А. Буслов, В.Г. Кисель, В.М. Вакунов, В.В. Коханский, С.Н. Данилевич. Оpubл. 20.04.2000.

14. Пат. 2145628 РФ. Газогенератор / В.А. Игошин, А.В. Виноградов, В.А. Игошина. Оpubл. 20.02.2000.

15. Пат. 2177975 РФ. Установка для производства древесного угля – газогенератор / В.В. Ипатов. Оpubл. 10.01.2002.

16. Пат. 2346023 РФ. Установка для пиролиза древесины / А.Н. Грачев, Т.Д. Исхаков, Р.Г. Сафин, И.А. Валеев, А.Е. Воронин. Оpubл. 10.02.2009. Бюл. № 4.

17. Пат. 2341727 РФ. Газогенератор / П.Д. Шестаков, А.А. Чекалкин, Ю.В. Соколкин, А.Л. Кислых. Оpubл. 20.12.2008. Бюл. № 35.

18. Балдин В. Ю., Гришков И. О., Рыжков А. Ф. Современные системы очистки генераторных газов мини-ТЭЦ-ДВС // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: сб. тр. 3 Всерос. науч.-техн. конф. с международ. участием. Благовещенск, 14-16 мая, 2003. Благовещенск, 2003. Т.2. С. 254-260.

19. Verfahren zur Reinigung von Gasen aus einem Holzvergaser und Filter hierfür: заявка 102006028293 Германия. № 102006028293; заявл. 20.06.06; опубл. 27.12.07.

20. Заявка 102004027775 Германия. Verfahren zur Reinigung von kohlenwasserstoffhaltigen Gasen / H. Matschiner, C. Kiefer. Оpubл. 05.01.2006.

21. Пат. 6485296 США. Variable moisture biomass gasification heating system and method / R.J. Bender, J.P. Tomassi, F. Asplund. Оpubл. 26.11.2002.

22. Пат. 2348860 РФ. Установка для утилизации древесных отходов на базе газогенератора / В.Д. Басаргин. Оpubл. 10.03.2009. Бюл. № 7.

УДК 630.37 630.31 629.5

А.С. Горяев\*, А.Ю. Жук, А.А. Федяев

### РАЗРАБОТКА НОВЫХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ВОДОХРАНИЛИЩ

*Рассмотрены вопросы по разработке нового способа очистки береговой зоны и устройств для ее осуществления. Предложены методика определения условий плавучести и алгоритм расчета максимального веса груза при работе данных устройств.*

**Ключевые слова:** засорение береговой зоны, способ очистки, устройства для очистки, условия плавучести, максимальный вес груза.

Существует проблема засорения водных объектов и береговых зон древесной массой. В водных объектах лесной зоны России скопления затонувшей, плавающей и обсохшей древесины возникают по разным природным и антропогенным причинам и оказывают заметное негативное воздействие на водные экосистемы.

Одним из видов засорения в зоне водохранилищ являются значительные скопления древесины на береговых отмелях, появляющиеся в результате многолетних и сезонных колебаний уровня

воды, ветроволновых и ледовых явлений, а также обрушения деревьев с размываемых берегов.

Очистка берегов водохранилищ от обсохшей древесины с целью ее дальнейшей транспортировки к местам переработки на товарную продукцию является актуальной и своевременной, поскольку позволяет восстановить экологическое равновесие водных бассейнов, где ранее формировались ложа водохранилищ, и увеличить объемы древесного сырья без увеличения объемов вырубки леса [3].

\* - автор, с которым следует вести переписку.