



Рис. 3. Кинетические зависимости концентрации БАВ в экстракте:
1 – осина; 2 – ива

Исследования показывают, что экстрагирование древесного сырья в данной установке в течение 5 и 6 часов показывают одинаковый выход БАВ, следовательно, такую длительность проведения процесса можно считать оптимальной.

Список литературы

1. Конюхова О. М., Бахтин М. А., Канарский А. В. Биологические ресурсы салицина в иве (Salicaceae) // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 16. С. 130–132.
2. Хлонов Ю. П. Атлас деревьев и кустарников Сибири (ивы, тополя, чозения). Новосибирск : Наука, 2000. 93 с.
3. Чернов В. И. Формирование хозяйственно-ценных насаждений осины (*Populus Tremula L.*) в лесах Республики Татарстан : автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. Уфа, 2014. 22 с.
4. Анализ современного состояния технологий процесса экстракции биологически активных веществ из осины и ивы / А. В. Сафина, Г. Р. Арсланова, А. Л. Тимербаева, Д. Ф. Зиятдинова // Деревообрабатывающая промышленность. 2019. № 4. С. 51–62.
5. Пат 2680998 РФ, МПК В01Д 11/02, С11В 1/10, С11В 9/02. Установка для экстракции растительного сырья / А. В. Сафина, Д. Ф. Зиятдинова, Н. Ф. Тимербаев, Г. Р. Арсланова [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «КНИТУ». № 2018116922; заявл. 07.06.2018; опубл. 01.03.2019.
6. Моделирование процесса экстрагирования биологически активных веществ из осины и ивы / А. В. Сафина, Г. Р. Арсланова, Д. Ф. Зиятдинова, Р. Г. Сафин, Р. А. Халитов, Д. Р. Абдуллина // Деревообрабатывающая промышленность. 2020. № 2. С. 56–63.

УДК 674.8

Ю. А. Варфоломеев,

д. т. н., проф., руководитель «Представительства РААСН в Архангельске», РФ,
nil-se@mail.ru

Н. Н. Новиков,

д. т. н., проф., научный руководитель проектов, г. Рыбинск, РФ,
info@nt-yar.ru

А. В. Катловский,

инженер, генеральный директор ООО «Новые Технологии», г. Рыбинск, РФ,
info@nt-yar.ru

А. В. Елистратов,

инженер, заместитель генерального директора ООО «Новые Технологии», г. Рыбинск, РФ,
info@nt-yar.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО МОБИЛЬНЫХ МОДУЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ С УСТАНОВКАМИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДАМИ ВИХРЕВОЙ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ

Разработана проектная документация и создан мобильный производственный комплекс в виде полносборного модульного здания для экологически безопасной переработки древесных отходов. На заводе в стандартных модулях 20 и 40 футов смонтировано оборудование, выполнена чистовая внутренняя и наружная отделка, утепление для природных условий Арктической зоны. Предусмотрен технологический блок для обезвреживания дыма в специальном «дожигателе». Это предотвращает повторный синтез опасных диоксинов при остывании дымовых выбросов в атмосфере. При эксплуатации не требуются дорогостоящие сменные фильтры, накапливающие вредные вещества. Показатели по вредным выбросам инно-

вационного производства (патент изобретения № 2667985) соответствуют требованиям норм Российской Федерации и развитых стран Европейского Союза по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

Ключевые слова: древесные отходы, оборудование, модульное здание, мобильность, инновации, охрана природы, законы.

Yu. A. Varfolomeev,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Representative Office of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences in Arkhangelsk, Russian Federation,
nil-se@mail.ru

N. N. Novikov,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Project Supervisor, Rybinsk, Russian Federation,
info@nt-yar.ru

A. V. Katlovsky,

engineer, General director of LLC "New Technologies", Rybinsk, Russian Federation,
info@nt-yar.ru

A. V. Elistratov,

engineer, deputy General director of LLC "New Technologies", Rybinsk, Russian Federation,
info@nt-yar.ru

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MOBILE MODULAR COMPLEXES WITH INSTALLATIONS FOR ENVIRONMENTALLY SAFE PROCESSING OF WOOD WASTE BY METHODS OF VORTEX THERMAL DESTRUCTION

The project documentation for the mobile production complex in the form of a fully assembled modular building for the environmentally safe processing of wood waste has been developed. The plant has installed equipment in standard modules of 20 and 40 feet, finished interior and exterior finishing, and insulation for the climate of the Arctic zone. There is a technological unit for smoke neutralization in the "special smoke incinerator". This prevents the re-synthesis of dangerous dioxins when the smoke emissions in the atmosphere cool down. During operation, expensive replacement filters that accumulate harmful substances are not required. The indicators for harmful emissions of innovative production (patent of invention No. 2667985) comply with the requirements of the laws on environmental protection and rational use of natural resources of the Russian Federation and developed countries of the European Union.

Keywords: wood waste, equipment, modular building, mobility, innovation, nature conservation, laws.

Разработаны технология, оборудование и конструкция транспортабельной установки для термической деструкции отходов лесозаготовительных, деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных производств в активном вихревом потоке при переходном процессе перевода ламинарного режима течения газа на турбулентный. В итоге обеспечивается высокотемпературная (до +1000 °С) утилизация токсичных отходов (древесина, содержащая: фенольные, резорциновые и другие клеи; креозот и прочие токсичные огне- и биозащитные пропиточные, отделочные материалы; лигнин, непроваренная целлюлоза, содержащая хлор и др.) с последующим дожиганием дымовых газов при температуре от +1200 до +1600 °С. Это не пиролиз, не сжигание и не плазма. Происходят иные реакции с получением полезных энергетических продуктов: тепловой и электрической энергии, зольного остатка (пылеугольного топлива, технического мелкодисперсного углерода), высококалорийного смесового синтетического газа (6000–8000 ккал/м³). Единого технического регламента на синтез-газ нет, его состав во многом зависит от технологии, выбранной заказчиком. Разработана проектная документация для нескольких вариантов базовой комплектации мобильного производственного комплекса, состоящего из стандартных контейнерных модулей 20 и 40 футов, в которых на заводе смонтировано отечественное высокотехнологичное оборудование (патент изобретения № 2667985) [1].

При остывании дымовых выбросов в атмосферу происходит повторный синтез диоксинов из продуктов термодеструкции [2]. Поэтому предусмотрен технологический блок для обезвреживания в специальном «дожигателе» продуктов термодеструкции. Благодаря этому не требуется дорогостоящих фильтров. При создании камеры использованы специфические свойства сильно закрученных потоков вязкого сжимаемого газа: высокий радиальный градиент статического давления; сильно развитая анизотропная турбулентность; интенсивные высокочастотные акустические колебания; высокая степень электризации частиц внутри вихревой камеры; протяжённая циркуляционная зона и наличие зоны рециркуляции; радиальное движение «горячих пузырей» со скоростями, превышающими скорость распространения пламени; эффекты энергетического разделения; наличие конвективно-плёночной завесы наиболее теплонапряжённых элементов конструкции; способность изолировать поля термодинамических параметров и скоростей в вихревой камере от изменения температуры и давления окружающей среды, при наличии критического истечения из сопла и другие свойства. Камера имеет несложную конструкцию, небольшие габариты и массу, технологична в изготовлении и эксплуатации, не восприимчива к колебаниям природно-климатических воздействий в широких диапазонах температуры, давления, влажности. По результатам исследований, проведенных незави-

симыми специализированными экспертными организациями, показатели по вредным выбросам созданного инновационного производства соответствуют нормативным требованиям Российской Федерации (РФ) и развитых стран Европейского Союза. Результаты испытаний в г. Рыбинске в атмосферных условиях (под навесом) в период морозов показали, что отечественное оборудование соответствует нормативным требованиям безопасности [7]. Комплексные исследования, проведенные в производственных условиях и в специализированных лабораториях, показали следующее:

1) по результатам испытаний специализированных аккредитованных организаций согласно действующим нормативам санитарно-защитная зона производственного комплекса – 50 м;

2) снижены энергозатраты на уничтожение отходов за счет получения эффекта экзотермии при переработке продуктов термодеструкции в созданном вихревом реакторе;

3) конструкция камеры сгорания обеспечивает надёжную работу при максимальной температуре продуктов сгорания и естественную тепловую самоизоляцию теплонапряженных элементов;

4) возможность работы комплекса как в непрерывном, так и в циклическом режимах;

5) установка не подлежит регистрации в органах Ростехнадзора как опасный производственный объект, так как объем горючего синтез-газа, одновременно находящегося во всех рабочих емкостях установки, не превышает 6–7 м³;

6) для обеспечения безопасности предусмотрено: управление технологическим процессом автоматизированной системой (АСУ ТП); оборудование во взрывозащищенном и специализированном «газовом» исполнении; отсутствует давление в аппаратах установки, однако для исключения риска возникновения чрезвычайных ситуаций установлены клапаны сброса аварийного давления; установлены система автоматического контроля утечки газа и автоматическая газовая система пожаротушения, независимая в каждом контейнере;

7) высококвалифицированный персонал для обслуживания установки не требуется: 4 дежурных смены по 3 человека (квалификация – ПТУ).

Предусмотрена эксплуатация мобильного производственного комплекса в условиях Арктической зоны [3]. Обеспечена автономность его работы. Готовность к перевозке на новое место – не более 8 ч. Размер земельного участка для комплекса – 0,05 га. Разработанные инновационные решения соответствуют требованиям международных законодательных актов по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов [4–6]. Мобильный комплекс в контейнерном исполнении является некапитальным объектом. Предусмотрены возможности:

1) подключение комплекса к системам коммунальной инфраструктуры: электрическая мощность – 40 кВт; напряжение – 380 В [1];

2) монтаж комплекса оборудования для постоянного роботизированного мониторинга [8] параметров вредных выбросов; видеомониторинга основных производственных участков и рабочих мест (разработка проекта, комплектация, монтаж, пусконаладочные работы; дополнительная стоимость – от 20 млн руб.;

3) срок окупаемости мобильного производственного комплекса составляет от 2 до 8 лет в зависимости от полноты использования отходов, тарифов на переработку отходов, состава получаемых полезных продуктов и цены их продажи, иных факторов, а также от количества установок, работающих в едином комплексе.

Выводы:

1) Инвестиции на решение экологических проблем являются невозвратными в среднесрочном периоде, поэтому в государствах с развитой экономикой они должным образом стимулируются [5]. Работы по созданию и испытаниям изобретенного отечественного оборудования, эксплуатации экспериментальных образцов и проектированию производственных комплексов в различных базовых комплектациях направлены на решение актуальных природоохранных проблем и соответствуют Национальным целям РФ, которые определены «Повесткой дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [8]. Природоохранные решения, разработанные при создании мобильного производственного комплекса рассматриваемой комплектации, обеспечивают импортозамещение, соответствуют целям проекта «Внедрение наилучших доступных технологий» и продекларированным национальным целям РФ для перехода на международную систему регулирования правовых отношений, принципы нормирования и новые технологические уклады за счет интенсивного развития науки и техники.

2) Для предотвращения загрязнения диоксидами окружающей среды при переработке отходов целесообразно использовать имеющийся многолетний опыт международного сотрудничества и кооперации по созданию инновационных решений [2] для замены высокотоксичных хлорфенольных средств защиты древесины и растений от биологических повреждений в сельском хозяйстве, деревообработке и строительстве.

Список литературы

1. Патент изобретения RU 2667985 С1. Комплекс для переработки твердых отходов / Рассохин Г. Л., Катловский А. В., Елистратов А. В., Патраков А. В., Новиков Н. Н. Заявка № 2018102636, приоритет 23.01.2018. Дата гос. регистрации 25.09.2018.
2. Варфоломеев Ю. А., Галиахметов Р. Н., Каргаполова И. В. Предотвращение диоксинового загрязнения в мире при защите древесины от биологических повреждений // Труды Архангельского центра Русского географического общества : сб. науч. ст. / [сост.: В. А. Любимов (отв. ред.), Д. С. Мосеев]. Вып. 8. Архангельск, 2020. С. 39–45. ISBN 978-5-7536-0489-7 P 89.
3. Указ Президента Российской Федерации от 02.05.2014 № 256 «Сухопутные территории Арктической зоны Российской Федерации» // СПС «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 05.12.2020).
4. Secretariat of the Basel Convention International Environment House 15 chemin des Anémones 1219 Châtelaine, Switzerland. URL: www.basel.int (дата обращения: 05.12.2020).
5. Plastic Waste: a European strategy to protect the planet, defend our citizens and empower our industries/ Press release 16.01.2018. – Strasbourg/ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_5.
6. The United States' contribution of plastic waste to land and ocean // Kara Lavender Law, Natalie Starr, Theodore R. Siegler, Jenna R. Jambeck, Nicholas J. Mallos, George H. Leonard. Science Advances. 30 Oct 2020: Vol. 6, № 44, eabd0288. DOI: 10.1126/sciadv.abd0288. PubMed: 33127684. ISSN: 2375-2548. URL: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd0288>.
7. Федеральный закон РФ от 30.12.2009, № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624 (дата обращения: 05.12.2020).
8. Мишустин М. В. Отчет о работе кабинета министров РФ за 2019 год // ИА «ТАСС». 22.06.2020. URL: <https://tass.ru/ekonomika/9023025> (дата обращения: 05.12.2020).

УДК 66.094.940

Г. Ф. Илалова,

аспирант 1 года, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, РФ, achtung.guzik@mail.ru

К. В. Саерова,

магистрант 2 года, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, РФ, senya97@inbox.ru

Р. Р. Сафин,

д. т. н., профессор, зав.кафедрой АрД, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, РФ, cfaby@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

В последние годы растет интерес к использованию биоразлагаемых полимеров в упаковочных материалах с целью улучшения экологической обстановки. Использование древесных отходов для производства биополимеров может позволить решить множество проблем, таких как эффективная утилизация растительных отходов, а также позволит грамотно использовать продукты переработки древесной биомассы. В данной работе исследовано влияние концентрации сернистой кислоты в процессе гидролиза древесины на выход редуцирующих веществ.

Ключевые слова: кислотный гидролиз, древесные отходы, редуцирующие вещества, биоразлагаемый полимер, сернистая кислота.

G. F. Ilalova,

1st year PhD student, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation, achtung.guzik@mail.ru

K. V. Saerova,

2nd year Master's Degree student, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation, senya97@inbox.ru

R. R. Safin,

Full Professor, PhD in Engineering, Head of the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation, cfaby@mail.ru

RESEARCH OF HIGH-TEMPERATURE ACID HYDROLYSIS OF WOODRAWMATERIALS