

ISSN 2227-2038 (print)

Международная агроинженерия

научно-технический журнал



4
2018

Тематическая направленность: техника и технологии сельскохозяйственного производства; процессы переработки сельскохозяйственной продукции; альтернативные источники энергии и топлива; использование информационных технологий в сельском хозяйстве; биоинженерия.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР»
КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Научно-технический журнал

4 (28)
2018

Алматы, 2018

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ МИНИСТРЛІГІ
«ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-БІЛІМ БЕРУ ОРТАЛЫҒЫ»
КОММЕРЦИЯЛЫҚ ЕМЕС АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ
ҚАЗАҚ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ
ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ

MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
NON-COMMERCIAL JOINT STOCK COMPANY «NATIONAL AGRICULTURAL
SCIENTIFIC-EDUCATIONAL CENTER»
KAZAKH SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF MECHANIZATION AND
ELECTRIFICATION OF AGRICULTURE

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АГРОИНЖЕНЕРИЯ
Ғылыми-техникалық журнал

INTERNATIONAL AGROENGINEERING
Scientific-technical journal

4 (28)
2018

Алматы, 2018

РЕДАКТОРЛЫҚ АЛҚА:

Кешуов С.А.- бас редактор, т.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі;
Адилъшеев А.С.- бас редактордың орынбасары, т.ғ.д., ҚР АШҒА академигі;
Астафьев В.Л.- бас редактордың орынбасары, т.ғ.д., проф., ҚР АШҒА академигі;
Доскалов Пламен – PhD, проф., Русе университеті (Болгария);
Havrland Bohumil - PhD, проф., Прагадағы Чехия өмір туралы ғылым университеті (Чехия);
Раджееш Кавассери – PhD, қауымдас. проф., Солтүстік Дакота мемлекеттік университеті (АҚШ);
Андрей Чочовский – т.ғ.д., проф., Варшава жаратылыстану ғылымдары университеті (Польша);
Буторин В.А. - т.ғ.д., проф., Челябин мемлекеттік аграрлық университеті (Ресей);
Жалнин Э.В.- т.ғ.д., проф., Бүкілресейлік ауыл шаруашылығын механикаландыру институты (Ресей);
Некрасов А.И. - т.ғ.д., проф., Бүкілресейлік ауыл шаруашылығын электрлендіру институты (Ресей);
Немцев А.Е. - т.ғ.д., проф., Сібір ауыл шаруашылығын механикаландыру және электрлендіру ҒЗИ (Ресей);
Байметов Р.И. - т.ғ.д., проф., Өзбек ауыл шаруашылығын механикаландыру және электрлендіру ғылыми-зерттеу институты (Өзбекстан);
Раджабов А.Р. - т.ғ.д., проф., Ташкент аграрлық университеті (Өзбекстан);
Осмонов Ы.Д. - т.ғ.д., проф., К.И. Скрябин атындағы Қырғыз ұлттық аграрлық университеті. (Қырғызстан);
Абилжанулы Т.- т.ғ.д., проф., ҚР АШҒА академигі (ҚазАШМЭҒЗИ)
Адуов МА.- т.ғ.д., проф., С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті;
Алдибеков И.Т.- т.ғ.д., Казахский национальный аграрный ун-т;
Голиков В.А.- т.ғ.д., проф., Академик НАН РК (КазНИИМЭСХ);
Грибановский А.П. - т.ғ.д., проф., Академик НАН РК (КазНИИМЭСХ);
Дерепаскин А.И.- д.т.н. (КФ «КазНИИМЭСХ»);
Жортуылов О.Ж.- д.т.н., проф., Академик АСХН РК (КазНИИМЭСХ);
Жунисбеков П.Ж.- д.т.н., проф. (Казахский национальный аграрный ун-т);
Омаров Р.А., - д.т.н., Академик АСХН РК (КазНИИМЭСХ);
Козак А.И.- к.т.н. (АФ «КазНИИМЭСХ»);
Нукешев С.О.- д.т.н., проф. (Казахский агротехнический ун-т им. С. Сейфуллина).
Жауапты редакторлар:
Жұматай Ғ.С.- т.ғ.к. (ҚазАШМЭҒЗИ)
Сейпаталиев О.Е. – (ҚазАШМЭҒЗИ)

Жылына 4 рет шығарылады

Журнал байланыс және ақпарат Министрлігінің ақпарат және мұрағат Комитетінде тіркелген.

Тіркелу туралы куәлік:

№11827-Ж 02.07.2011

Редакцияның мекен-жайы:

050005, Алматы қаласы, Райымбек даңғылы, 312

Тел.: 8(727)2479600

Факс:8(727)2476907

E-mail: journal.kazsrima@yandex.ru

Сайт адресі: <http://www.kazars.kz>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Кешуов С.А.- главный редактор, д.т.н., проф., Академик НАН РК;
Адилышев А.С.- заместитель главного редактора, д.т.н., Академик АСХН РК;
Астафьев В.Л.- заместитель главного редактора, д.т.н., проф., Академик АСХН РК;
Доскалов Пламен – PhD, проф., Университет Русе (Болгария);
Havrland Bohumil - PhD, проф., Чешский университет наук о жизни в Праге (Чехия);
Раджеш Кавасеру – PhD, ассоц. проф., Государственный университет Северной Дакоты (США);
Andrzej Chochowski – Dr. habil. проф., Варшавский университет естественных наук (Польша);
Буторин В.А. - д.т.н., проф., Челябинский государственный аграрный университет (Россия);
Жалнин Э.В.- д.т.н., проф., Всероссийский ин-т механизации сельского хозяйства (Россия);
Некрасов А.И. - д.т.н., проф., Всероссийский ин-т электрификации сельского хозяйства (Россия);
Немцев А.Е. - д.т.н., проф., Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (Россия);
Байметов Р.И. - д.т.н., проф., Узбекский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (Узбекистан);
Раджабов А.Р. - д.т.н., проф., Ташкентский аграрный университет (Узбекистан);
Осмонов Ы.Д. - д.т.н., проф., Киргизский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина (Киргизстан);
Абилжанулы Т.- д.т.н., проф., Академик АСХН РК
Адуов МА.- д.т.н., проф., Казахский агротехнический ун-т им. С.Сейфуллина;
Алдибеков И.Т.- д.т.н., Казахский национальный аграрный ун-т;
Голиков В.А.- д.т.н., проф., Академик НАН РК
Грибановский А.П. - д.т.н., проф., Академик НАН РК
Дерепаскин А.И.- д.т.н.
Жортуылов О.Ж.- д.т.н., проф., Академик АСХН РК
Жунисбеков П.Ж.- д.т.н., проф. (Казахский национальный аграрный ун-т);
Омаров Р.А., - д.т.н., Академик АСХН РК
Козак А.И.- к.т.н.
Нукешев С.О.- д.т.н., проф. (Казахский агротехнический ун-т им. С. Сейфуллина).
Ответственные редакторы:
Жуматай Г.С.- к.т.н. (КазНИИМЭСХ)
Сейпаталиев О.Е. - (КазНИИМЭСХ)

Издается 4 раза в год

Журнал зарегистрирован в Комитете информации и архивов Министерства связи и информации Республики Казахстан

Свидетельство о регистрации:

№11827-Ж от 02.07.2011 г.

Адрес редакции:

050005, г.Алматы, пр.Райымбека, 312

Тел.: 8(727)2479600

Факс:8(727)2476907

E-mail: journal.kazsrima@yandex.ru

Сайт: <http://www.kazars.kz>

EDITORIAL BOARD:

S. Keshuov- chief editor, Dr.Tech.Sci., professor, Academician of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan;

A. Adilsheev - deputy chief editor, Dr.Tech.Sci., member of Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan;

V. Astafyev - deputy chief editor, Dr.Tech.Sci., professor, member of Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan;

Plamen Doskalov - PhD, professor, University of Ruse (Bulgaria);

Havrland Bohumil - PhD, professor, Czech University of Life Sciences Prague (Czech Republic);

Rajesh Kawasseri - PhD., associate professor, State University of North Dakota (USA);

Andrzej Chochowski – Dr. habil. Professor, Warsaw University of Life Sciences (Poland);

V. Butorin - Dr.Tech.Sci., professor, Chelyabinsk State Agrarian University (Russia);

E. Zhalnin- Dr.Tech.Sci., professor, All-Russian Institute of Agricultural Mechanization (Russia);

A. Nekrasov - Dr.Tech.Sci., professor, All-Russian Institute of Agricultural Electrification (Russia);

A. Nemtsev - Dr.Tech.Sci., professor, Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture (Russia);

R. Baimetov - Dr.Tech.Sci., professor, Uzbek Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture (Uzbekistan);

A. Radzhabov - Dr.Tech.Sci., professor, Tashkent Agrarian University (Uzbekistan);

I. Osmonov - Dr.Tech.Sci., professor, Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin (Kyrgyzstan);

T. Abilzhanyli - Dr.Tech.Sci., professor, member of Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan

M. Aduov - Dr.Tech.Sci., professor, S.Seifullin Kazakh AgroTechnical University;

I. Aldibekov - Dr.Tech.Sci., Kazakh National Agrarian University;

V. Golikov - Dr.Tech.Sci., professor, Academician of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

A. Gribanovskiy - Dr.Tech.Sci., professor, Academician of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

A. Derepaskin - Dr.Tech.Sci..

O. Zhortuylov - Dr.Tech.Sci., professor, member of Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan

P. Zhunisbekov -Dr.Tech.Sci., professor. (Kazakh National Agrarian University);

R. Omarov - Dr.Tech.Sci., member of Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan

A. Kozak - Candidate of Technical Sciences.

S. Nukeshev - Dr.Tech.Sci., professor. (S.Seifullin Kazakh AgroTechnical University).

Executive editors:

G. Zhumatay - Candidate of Technical Sciences. (KazRIMEA)

O. Seipataliyev - (KazRIMEA)

Publication frequency: 4 issues per year

The Journal's ID is registered by the Information and Archives Committee of the of the Ministry of Communication and information of the Republic of Kazakhstan

Registration certificate:

№11827-Ж from July 2, 2011

Editorial address:

050005, Almaty city, 312, Raimbek ave.

Tel.: 8(727)2479600; Fax:8(727)2476907

E-mail: journal.kazsimea@yandex.ru

Web-site: <http://www.kazars.kz>

МРНТИ 68.85.01

С.А. Кешуов¹, В.А. Голиков¹

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Алматы, Казахстан

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация

Парк всей сельскохозяйственной техники в республике требует обновления: около 87% парка техники изношено, более 90% - устарело, средний возраст более 80% зерноуборочных комбайнов и тракторов составляет 13-14 лет при нормативном сроке 10 лет. Подлежат списанию 71% комбайнов, 83% жаток, 92% тракторов.

В области технического обеспечения АПК перед республикой стоят следующие задачи: принять меры для максимального продления срока службы имеющейся сельскохозяйственной техники (организация производства запасных частей, восстановление изношенных деталей и т.д.); ускорить обновление машинно-тракторного парка республики; форсировано развивать собственное сельхозмашиностроение.

Предлагается также в рамках ЕАЭС объединить усилия ученых и конструкторов по разработке новой конкурентоспособной сельскохозяйственной техники и испытаниям ее в различных почвенно-климатических условиях наших стран.

Ключевые слова: тракторы, комбайны, сельхозмашиностроение, энерговооруженность, производительность, износ машин, обновление парка.

Для стран-участниц Евразийского экономического союза (ЕАЭС) представляет взаимный интерес изучение уровня технического обеспечения и развития сельского хозяйства в этих странах с целью выработки единой технической политики в агропромышленном комплексе (АПК).

Площадь пашни в Казахстане составляет 24,7 млн. га, посевная площадь 21,8 млн. га.

В настоящее время в республике имеется 222 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств, 12,5 тыс. сельскохозяйственных предприятий и 1297,3 тыс. домашних хозяйств населения.

Диапазон изменения размеров крестьянских (фермерских) хозяйств по областям составляет от 25 до 1520 га, средний размер 260 га. Площадь земельных участков сельскохозяйственных предприятий – от 500 га до 20 тыс. га и более.

Такой большой разброс размеров сельскохозяйственных угодий должен учитываться при разработке и формировании состава машинно-тракторного парка республики.

По данным Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 1 января 2018 г. тракторов насчитывалось около 148 тыс. единиц, из них колесных около 124 тыс., что составляет 83,7%. Энергонасыщенных тракторов

класса 5 российского производства К-700 и К-744Р – 16,5 тыс. или 11,1% от общего количества, белорусских тракторов МТЗ всех модификаций – 73,2 тыс. или 49,4%. Гусеничных тракторов 24,2 тыс., из них ДТ-75М – 13,5 тыс. или 9,1%. Тракторов из дальнего зарубежья в парке 3480 единиц, т.е. около 2,3%. Представлено 9 марок из различных стран: Китая, США, Италии, Германии и Канады и фирм: Фотон, Джон-Дир, Челенджер, Ламборджини, Нью-Холланд, Версатайл-Бюллер, Кейс, Клаас.

Зерноуборочных комбайнов в парке – 40 тыс. единиц, из них российского производства 76,8%: Енисей-1200 и Енисей-950, Руслан 14,3 тыс. (35,7%), СК-5А Нива 12,4 тыс. (31%), Вектор 3,2 тыс. (8%), Дон-1500 1 тыс. (2,5%).

Комбайнов из дальнего зарубежья - 4,6 тыс. (11,5%) 10-ти различных марок из США, Германии, Италии, Канады и Финляндии, фирм: Джон-Дир, Кейс, Класс, Нью-Холланд, Сампо и др. Кормоуборочных комбайнов - 1,67 тыс. штук из России, Украины, Германии, США: Дон-680, КСК-100, КПИ-2,4, Ягуар-830, 850, Джон-Дир 7200 и др.

В связи с расширением применения нулевой и минимальной технологий производства зерновых культур резко увеличилось приобретение посевных комплексов. Их количество составляет 3624 единиц 16-ти марок: Морис Максим; Кейс; Нью-Холланд, Борго, Флексикойл, Бюллер, Джон-Дир, Кузбасс, Конкорд и др.

Сеялок зерновых - 85,5 тыс., плоскорезов 5,9 тыс. штук производства Казахстана и России. Опрыскивателей около 5 тыс., из них дальнего зарубежья 110 штук (2%).

Анализ показывает высокую многомарочность тракторов, комбайнов, посевных комплексов и другой техники, что усложняет её сервисное обслуживание.

Энерговооруженность сельскохозяйственного производства составляет 123 кВт на 100 га пашни, но достигнуто это за счет импорта техники, на что ежегодно расходуется более 400 млн. долл. государственных и частных средств. Причем техника завозится из зарубежья, как правило, без прохождения приемочных, адаптационных и сравнительных испытаний. В 1990 г. на 1000 га пашни приходилось 13 тракторов и 6 зерноуборочных комбайнов на убираемую площадь, а в 2017 г. всего 5,9 трактора и 2,9 комбайна.

В Государственной программе по развитию АПК в Казахстане на 2017-2021 гг. поставлена задача увеличить производительность труда в сельском хозяйстве в 3 раза. Производительность труда в сельском хозяйстве определяется в значительной мере качественным и количественным составом МТП в агроформированиях и в целом по республике, а также использованием водо-, энерго- и ресурсосберегающих технологий, позволяющих увеличить урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность животных.

Недостаточная обеспеченность АПК сельскохозяйственной техникой, значительный износ парка машин приводят к потерям продукции,

ухудшению ее качества из-за несвоевременного выполнения или даже нарушения технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур, уборке урожая, хранении и др. Это при том, что значительная часть основных фондов хозяйств уже выработала свой ресурс и требует немедленной замены. Парк всей сельскохозяйственной техники требует обновления: около 87% парка техники изношено, более 90% - устарело, средний возраст более 80% зерноуборочных комбайнов и тракторов составляет 13-14 лет при нормативном сроке 10 лет. Подлежат списанию 71% комбайнов, 83% жаток, 92% тракторов.

В республике не развито собственное сельхозмашиностроение, поэтому техника приобретается в основном из ближнего и дальнего зарубежья. В последние годы организовано совместное сборочное производство ряда белорусских тракторов и комбайнов, а также российских комбайнов Вектор. Следует отметить, что крупные состоятельные сельхозпредприятия приобретают дорогие высокопроизводительные тракторы и комбайны из дальнего зарубежья.

При возделывании и уборке различных сельскохозяйственных культур требуется более 400 наименований прицепных и навесных машин к тракторам различного тягового класса. Ни одна из этих машин серийно не выпускается на заводах республики.

Таким образом, в области технического обеспечения АПК перед республикой стоят следующие задачи:

- принять меры для максимального продления срока службы имеющейся сельскохозяйственной техники (организация производства запасных частей, восстановление изношенных деталей и т.д.);
- ускорить обновление машинно-тракторного парка республики;
- форсировано развивать собственное сельхозмашиностроение.

Предлагается также в рамках ЕАЭС объединить усилия ученых и конструкторов по разработке новой конкурентоспособной сельскохозяйственной техники и испытаниям ее в различных почвенно-климатических условиях наших стран.

THE PROBLEMS OF TECHNICAL SUPPORT AGROINDUSTRIAL COMPLEX REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Annotation

The park of all agricultural equipment in the country requires renewal: about 87% of the park of equipment is worn out, more than 90% is outdated, the average age of more than 80% of combine harvesters and tractors is 13-14 years with a regulatory period of 10 years. 71% of harvesters, 83% of reapers, 92% of tractors are subject to write-off.

In the field of technical support of the agro-industrial complex, the republic faces the following tasks: take measures to maximize the service life of existing agricultural equipment (organizing the production of spare parts, restoring worn parts, etc.); accelerate the renewal of the machine and tractor park of the republic; forced to develop their own agricultural machinery.

It is also proposed to combine the efforts of scientists and designers to develop new competitive agricultural equipment and test it in different soil and climatic conditions of our countries within the framework of the EAEU.

Key words: *tractors, combine harvesters, agricultural machine building, power supply, productivity, machine wear, fleet renewal.*

МРНТИ 44.37

Р.А. Омаров¹, Д.Р. Омар¹, С.Т. Демесова²

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМЫ

Аннотация

Вовлечение в энергобаланс ВИЭ – актуальная научно-техническая проблема. Для этих целей разработана энергосберегающая система, которая обладает комплексом особых характеристик, позволяющих повысить технико-экономическую эффективность. В статье приведены результаты хозяйственных испытаний системы. Выполнена оценка соответствия показателей техническому заданию при работе на молочно-товарной ферме, а также качества и стабильность выполнения технологического процесса в установленный период.

***Ключевые слова:** молочно-товарная ферма, тепло- и хладоснабжение, микроклимат, тепловой насос, солнечная энергия, тепло животных.*

Введение

Перспективный вектор развития энергетической сферы связан с применением альтернативных технологий и широкомасштабным использованием экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Это засвидетельствовано Киотским протоколом, рамочной конвенцией по изменению климата (РКИК) ООН [1], [2], [3], включая государственные программы и регламентирующие документы РК [4], [5]. [6], [7].

Тепло-насосная технология (ТНТ), которая является одним из направлений развития ВИЭ, превосходит известные системы по основным показателям [9]. [10], [11]. По данным Мирового энергетического совета (МИРЭС) к 2025 году долю теплоснабжения от ТНТ в развитых странах прогнозируется довести до 75% [8].

В предлагаемой системе, благодаря уникальному технико-технологическому решению, удалось наладить сложную и тесную внутреннюю взаимосвязь между процессами тепло- и хладоснабжения, внутренними и внешними энергетическими потоками, в том числе от ВИЭ и, в целом, технологическими процессами на молочно-товарной ферме. Например: солнечная энергия и тепло атмосферного воздуха интегрируются с теплом животных, молока. При этом, система одновременно работает на поддержание микроклимата помещения, а также охлаждения и хранения молока.

В результате достигается комплекс эффектов: энергосбережение, экономия ресурсов, снижение экологической нагрузки на окружающую среду, повышается коэффициент сезонной загрузки оборудования, осуществляется интегрирование процессов.

В статье показаны возможности системы на примере животноводческой, молочно-товарной фермы. Новизна технических решений защищена патентами РК [12], [13]. Результаты исследований, получены в процессе выполнения грантового проекта Комитета науки МОН РК: «Энерго- и ресурсосберегающая система теплоснабжения для сельского хозяйства на основе интегрированного использования энергий возобновляемых источников с микропроцессорным управлением» [14].

Материалы и методы исследований.

Анализ научно-технической и патентной литературы ведущих зарубежных стран проводился по бюллетеням «Изобретения стран мира», и официальным бюллетеням государств СНГ и по международным базам данных ELSEVER. Определены тенденции развития и технический уровень известных разработок. Обоснованы конструктивно-технологическое решение устройства. Результаты оформлены в виде отчета о патентных исследованиях (СТ РК ГОСТ Р15.011-2005).

На основе анализа результатов исследований разработаны технические требования (ТТ) – основной документ для проектирования образца устройства и чертежная документация.

Комплектование и изготовление экспериментального образца осуществлялось по разработанной чертежной документации. Хозяйственные испытания проводились на молочно-товарной ферме крестьянского хозяйства «Астан», Карасайского района Алматинской области.

Результаты и их обсуждения

При содержании животных, птиц в закрытых помещениях, независимо от времени года, необходимо поддерживать оптимальный микроклимат. Продуктивность животных и птицы, их заболеваемость, расход кормов и качество продукции во многом зависят от состояния микроклимата на фермах. Содержание животных в сырых, плохо вентилируемых помещениях приводит к снижению продуктивности на 10...40%, увеличению расхода кормов на единицу продукции на 12...35% и росту заболеваемости, особенно молодняка, в два-три раза.

Основная причина неудовлетворительного микроклимата в помещениях – накопление избыточной теплоты и влажности, углекислого газа, аммиака и сероводорода, а также понижение содержания отрицательных аэроионов [15]. Для этих целей разработаны специальные системы и устройства для поддержания уровня основных параметров микроклимата. Основанные на замещении загрязненного воздуха свежим они вместе с вентилируемым воздухом удаляют накопившееся в нем тепло, потенциал которого огромен.

Испытания проводились с целью оценки соответствия показателей изделия техническому заданию, а также для подтверждения качества и стабильности выполнения технологического процесса в установленный период, с целью последующего совершенствования конструктивно-технологических решений.

Таблица 1 – Характеристика условий испытаний

| Наименование показателя | Ед.изм. | Значение показателя |
|---|---------|---------------------|
| Объект: МТФ крестьянского хозяйства «Астан» | - | - |
| Площадь коровника | кв. м | 400 |
| Поголовье дойных коров | ед. | 20 |
| Система вентиляции естественная | - | - |
| Температура воздуха в помещении | °С | 20...34 |

Основные задачи: монтаж и настройка оборудования и измерительной аппаратуры; проведение испытаний; сбор, обработка и технико-технологический анализ результатов.

Фрагменты монтажа оборудования приведены на рисунке 1.



помещение коровника

процесс доения

комплектующее оборудование

монтаж ТН и БА

монтаж теплообменника и вентиляционных труб

измерительные приборы

Рисунок 1 – Фрагменты монтажа и испытания оборудования

В состав основного оборудования входят: тепловой насос (ТН), воздушный теплообменник со встроенным вентилятором, вентиляционный воздуховод, соединенный с ним, бак-аккумулятор (БА), трубопроводы, соединяющие ТН с БА, теплоноситель, циркулирующий по ним.

При работе системы вентилятор засасывает воздух из помещения и пропускает его через теплообменник. Теплообменник осуществляет съём тепла, который поглощается теплоносителем, циркулирующим через него. Далее, теплоноситель доставляет его испаритель ТН, где происходит поглощение тепла хладагентом и повышение его температурного потенциала. Из

конденсатора ТН тепло с температурой 40...50⁰С поступает в БА, для накопления и распределения.

Монтаж и наладка оборудования и измерительной аппаратуры производились с учетом компактности размещения основного оборудования относительно друг друга, с целью минимизации длины и динамического сопротивления соединяющих воздухопроводов и трубопроводов. Воздуховоды были проложены по длине коровника в под потолочном пространстве, где происходит накопление выделяемых животными тепла и влаги. В процессе работы системы данная газо-воздушная смесь вентилятором засасывается в воздухопровод, пропускается через теплообменник, установленный в начале воздухопровода. В теплообменнике происходит съем тепла, а также конденсация влаги и газов.

На ниже приведенных графиках показаны результаты контрольных измерений в отдельные дни испытаний (рисунки 2 ... 5), Поэтому, начальные температуры воздуха помещения также разные – 5.10.17 г она составляла 20⁰С, 6.10.17 г, около 14⁰С, в последующие дни около 10⁰С.

Датчики, установленные на входе и выходе из теплообменника, ведут запись температуры теплого и охлажденного воздуха. На рисунках динамику их изменения показывают кривые 4 и 1. Одновременно, датчики, установленные на входе и выходе из испарителя ТН, ведут запись температуры холодного и нагретого теплоносителя. Динамику их изменения показывают кривые 2 и 3.

Скорость воздушного потока протекающего через теплообменник замеряется анемометром. Холодопроизводительность рассчитывается умножением расхода воздуха на разность температур и объемную теплоемкость воздуха. Обработка и анализ полученных данных проводится с использованием известных методик [16], [17].

На графиках можно наблюдать три температурно-временных периода: 1 – период стабильности, когда помещение коровника свободно от животных; 2 – период нарушения теплового баланса; 3 – период движения на новый уровень температурного баланса. Данные процессы явно прослеживаются на графиках рисунка 2.

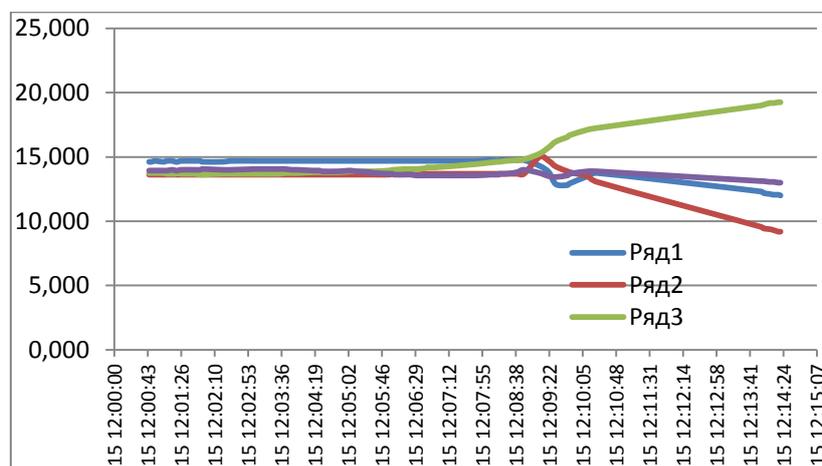


Рисунок 2 – Результаты записи температур 6.10.17 г.

Как видно, в первой зоне показания всех датчиков одинаковое и равно стабильное – 14⁰С. Во 2-ом периоде происходит нарушение теплового баланса воздуха помещения. В помещение заводятся животные. Под воздействие тепла, выделяемого ими, температура начинает резко повышаться (кривая 1). Затем включается в работу МЗС и температура, после динамического всплеска, начинает равномерно понижаться. Одновременно, под воздействием поглощенного тепла, повышается температура теплоносителя на выходе из конденсатора ТН (кривая 3).

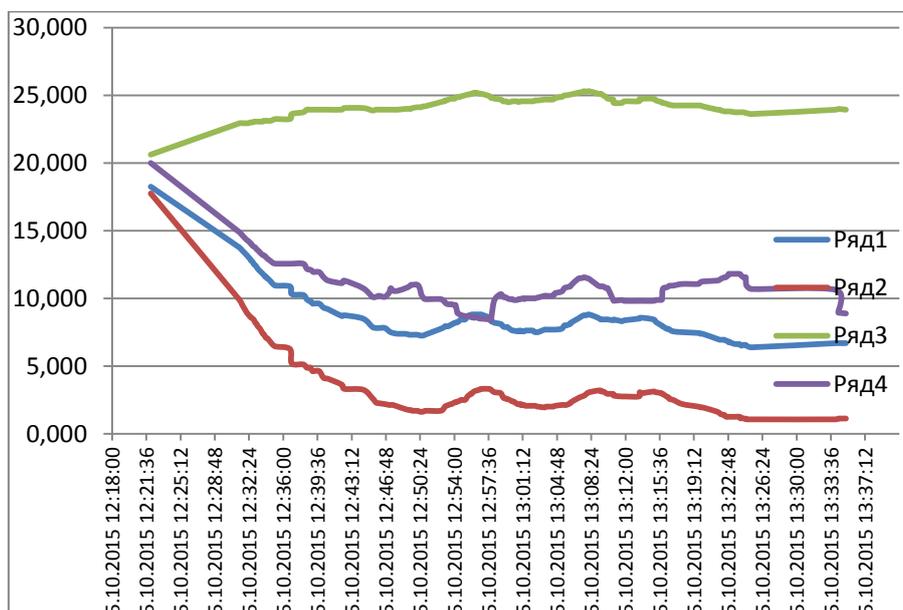


Рисунок 3 – Результаты записи температур 5.10.17 г

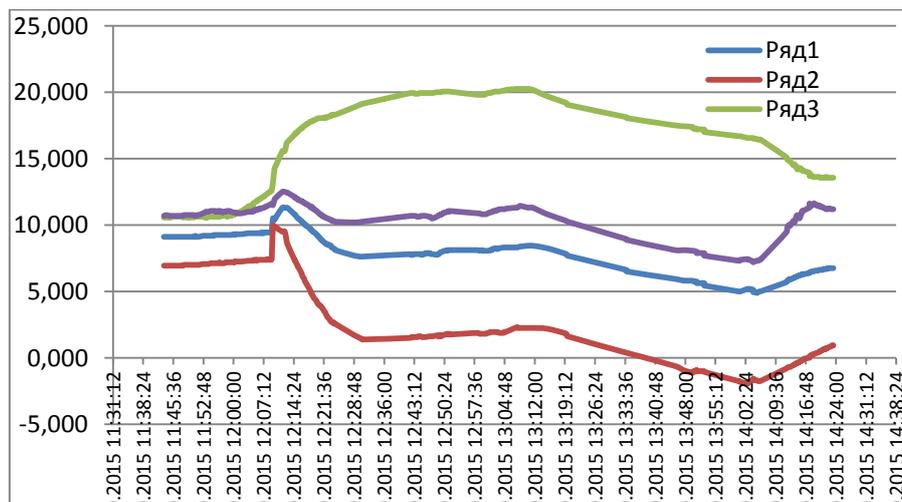


Рисунок 4 – Результаты записи температур 15.10.17 г

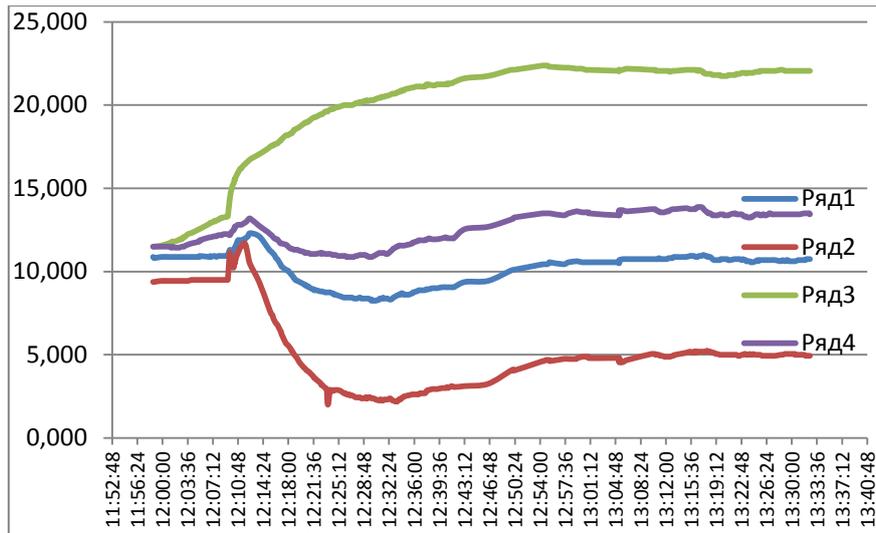


Рисунок 5 – Результаты записи температур 16.10.17 г

При этом наблюдалась интенсивная конденсация влаги на холодных поверхностях медных трубок теплообменника, микроклимат адекватно реагировал на действие МЗС происходил интенсивный забор тепла из воздуха помещения, воздух охлаждался в среднем на 10°C , что подтверждает положительный эффект и динамичность системы.

На графиках можно наблюдать изменение температуры теплоносителя в контуре испарителя ТН. На входе в теплообменник он составляет $+5^{\circ}\text{C}$ и ниже. На выходе, в результате поглощения тепла из помещения, повышался до $+10^{\circ}\text{C}$. Разность температур составляет в среднем 5°C .

Скорость воздуха, продуваемого через теплообменник, составляет 5 м/с, сечение воздуховода $0,0785 \text{ м}^2$, расчетный расход составляет воздуха $141,3 \text{ м}^3/\text{час}$. При разности температур 10°C , суточная холодопроизводительность ТН составила $3,0 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, теплопроизводительность $4, \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. При потреблении электрической энергии компрессором $1,0 \text{ кВт}$, коэффициент преобразования составил 4,8.

Нами проведены также исследования зависимостей коэффициентов тепло- и массоотдачи теплообменника от расхода промежуточного теплоносителя через него.

Коэффициент теплоотдачи, рассчитанный по передаче полной теплоты, находился в пределах $14.5 \dots 94.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$. Поток влаги между теплоносителями в теплообменнике равен $(18 \dots 140) \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{с}$, а коэффициент массоотдачи изменялся от $52 \cdot 10^6 \text{ кг}/(\text{кПа} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^2)$ до $310 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/(\text{кПа} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^2)$.

В таблице 2 приведены эксплуатационно-технологические показатели системы

Таблица 2 – Эксплуатационно-технологические показатели МЗС

| Наименование показателя | Ед измер. | Значение показателя |
|-------------------------|-----------|---------------------|
| Режим работы | - | Круглогодич |

| | | |
|---|----------------|---------|
| | | ный |
| Эксплуатационные показатели: | | |
| а) суточная теплопроизводительность ТН | кВт*ч | до 48 |
| б) суточная холодопроизводительность ТН | кВт*ч | до 40 |
| в) суточный расход электроэнергии на привод компрессора ТН | кВт*ч | 10,0 |
| г) число обслуживающего персонала, по категориям: электрослесарь по совместительству | чел | 0,12 |
| Показатели качества выполнения технологического процесса: | | |
| - скорость воздушного потока теплообменника микроклимата | м/с | 5...6 |
| - температура воздуха на входе в теплообменник | ⁰ С | 26 |
| - температура воздуха на выходе из теплообменника | ⁰ С | 22 |
| - температура помещения без применения ТН | ⁰ С | 26...30 |
| - температура помещения с применением ТН | ⁰ С | 15...17 |
| - влажность воздуха в помещении без применения ТН | % | 85...90 |
| - влажность воздуха в помещении с применением ТН | % | 75...80 |
| Эксплуатационно-технологические коэффициенты: | | |
| - технологического обслуживания | о.е. | 1 |
| - надёжность технологического процесса | о.е. | 1 |
| - использования сменного времени | о.е. | 0,99 |

Анализ таблицы показывает, что МЗС обеспечивает поддержание микроклимата в животноводческом помещении. Температура воздуха в коровнике в среднем понижалась с 26...30 до 15...17, относительная влажность с 85...90 до 75...80%. Осуществляет утилизацию избыточного тепла из воздуха помещения. При этом, коэффициент преобразования ТН составляет в среднем 4,8. То есть, потребляя 1 кВт*ч электрической энергии система производит до 4,8 кВт*ч тепловой энергии.

Выводы

Результатами проведенных испытаний установлено, что разработанная энергосберегающая система обеспечивает поддержание микроклимата в помещении коровника с требуемыми параметрами. Температура воздуха в среднем составляет в среднем 15...17 при относительной влажности 75...80%. Система надежна в эксплуатации и удобна в обслуживании. Обладает принципиальными преимуществами при работе в системе микроклимата. По сравнению с традиционным оборудованием она позволяет регулировать температуру воздуха в сторону понижения в теплый период и повышения в холодный период.

Энергосбережение, экономия и повышение коэффициента сезонной загрузки обеспечиваются за счет интегрирования системы с технологическими процессами и полезного использования низкопотенциального вторичного технологического тепла и ВИЭ.

Список литературы

1. WEC – World Energy Council / Мировой энергетический совет (МИРЭС) //Деятельность МИРЭС. Мировая энергетическая трилемма (WET) (03 апр. 2016). Website: www.worldenergy.org
2. United Nations Framework Convention on Climate Change / The Paris Agreement // http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php], [International-Energy-Agency // Key world Energy Statistics. –2006.
3. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (Киото, 11 декабря 1997 года) /https://online.zakon.kz/document/?doc_id=1017784#pos=0;0
4. Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана: («Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность», от 31 января 2017 г.)
5. Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». <http://www.eco.gov.kz/files/koncepciya.htm>
6. Закон Республики Казахстан. О поддержке использования возобновляемых источников энергии: утв. 4 июля 2009 года, № 16-IV.
7. Закон Республики Казахстан. Об энергосбережении и повышении энергоэффективности: утв. 13 января 2012 года, № 541-IV].
8. Тепловой насос - это шаг в будущее независимой энергетики. <http://www.geoteplo.com.ua>.
9. Составляющие экономической эффективности использования систем и установок энергетики ВИЭ / <http://foraenergy.ru>
10. Беккер Н.А. Оценка экономической эффективности использования возобновляемых источников энергии: на примере ветроэнергетики Германии: диссертация ... кандидата экономических наук : 08.00.14 Москва, 2007 127 с./ <http://www.dslib.net>
11. Все об амортизации основных средств: пособие по практическому применению «Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» / Под ред. С. В. Белоусовой. -М.: Вершина, 2006.
12. Инновационный патент РК №28944, МПК F24D 3/08. Устройство для интегрированного использования энергии возобновляемых источников / Омаров Р.А., Райымбеков А.Е., Байболов А.Е., Омар Д.Р.; опубл. 15.09.2014, Бюл. №9. –3 с.
13. Патент РК №31428, МПК А01К 1/00. Энергосберегающая животноводческая ферма с применением помещений круглой формы /Омаров Р.А., Райымбеков А.Е., Байболов А.Е., Омар Д.Р.; опубл. 15.08.2016, Бюл. №9. – 5 с.
14. ОТЧЕТ О НИР ЗА 2015 ГОД по грантовому проекту: «Энерго- и ресурсосберегающая система теплоснабжения для сельского хозяйства на основе интегрированного использования энергий возобновляемых источников с микропроцессорным управлением» (заключительный) Депонированный отчет МРНТИ 44.37, № гос.рег. 0113 РК 00536, инв.№0213РК02137.
15. Микроклимат в животноводческих помещениях. <http://www.activestudy.info/mikroklimat-v-zhivotnovodcheskix-pomeshheniyax>.

16. Параметры микроклимата животноводческих помещений.
<http://zhivotnovodstvo.net.ru/veterinaryj-spravochnik/137-zoogigiena/1120-parametry-mikroklimate-zhivotnovodcheskih-pomeschenii>.

17. Методика расчета микроклимата.
https://studwood.ru/1686115/agropromyshlennost/metodika_rascheta_mikroklimate.

МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ФЕРМАСЫ ҮШІН ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУ ЖҮЙЕСІ

Аннотация

*ЖЭК энергобалансына тарту – өзекті ғылыми-техникалық мәселе болып табылады. Осы мақсаттар үшін техникалық-экономикалық тиімділікті арттыруға мүмкіндік беретін ерекше сипаттамалар кешені бар энергия үнемдеу жүйесі әзірленді. Мақалада жүйенің шаруашылық сынақтарының нәтижелері келтірілген. Сүт-тауар фермасында жұмыс істеген кезде көрсеткіштердің техникалық тапсырмаға сәйкестігін, сондай-ақ белгіленген кезеңде технологиялық процестің орындалу сапасы мен тұрақтылығын бағалау орындалды. **Түйінді сөздер:** сүт-тауар фермасы, жылу және салқындықпен қамтамасыз ету, микроклимат, жылу сорғысы, күн энергиясы, жануарлардың жылуы.*

RESULTS OF TESTS OF MULTIZONAL SYSTEM OF USE OF RENEWABLE SOURCES ENERGIES

Annotation

The use of renewable energy sources in agricultural processes and the reduction of consumption of traditional energy resources is an actual technological and economic task. The proposed multizone system allows the use of solar energy, reclaimed heat of animals, milk, soil. Closely interacts with the technological processes of microclimate, cooling and storage of products. It recovers the excess heat generated, regulates thermal processes. The results of economic tests of the system are given in the article. The estimation - functional characteristics at work in a microclimate of a barn; conformity of indicators to the technical task; quality and stability of the process in a specified period.

Keywords: multizone system, heat pump, barn, microclimate, warmth of the animal temperature regime.

МРНТИ 55.57

А.П. Кошик¹, Н. Г. Иванова¹

¹Аккольский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Акколь, Казахстан

К ОБОСНОВАНИЮ СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация

В статье представлены результаты исследований по обоснованию состава и основных параметров оборудования для обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники на основе моделирования процессов ремонта и устранения неисправностей машин. Оборудование должно обеспечивать повышение эффективности выполнения ремонта и оперативного устранения отказов посевной, почвообрабатывающей и зерно-кормоуборочной техники различных марок в крестьянских и фермерских хозяйствах, обеспечивать их техническую и экологическую безопасности

Ключевые слова: технологическое оборудование, гидравлика высоких давлений, ремонт, устранение неисправностей, техническое обслуживание сельскохозяйственной техники

Введение

Развитие агропромышленного комплекса республики, направленное на рост производительности и доходности его отраслей, требует принятия комплекса мер по качественному росту технической оснащенности реального сектора сельскохозяйственного производства. Отсутствие механизмов реализации технологического переоснащения отрасли, технического и технологического контроля эксплуатации и обновления машинотракторного парка, низкая техническая оснащенность предприятий-сельхозтоваропроизводителей приводят к трудностям в организации и проведении сервиса сельхозтехники [1].

При снижении уровня оснащенности предприятия большой объем работ приходится выполнять с помощью традиционного слесарного инструмента. При этом пропорционально повышается вероятность повреждения деталей разбираемой сборочной единицы и увеличивается трудоемкость. Либо при той же или меньшей трудоемкости ухудшается качество ремонта, он осуществляется не в полном объеме, либо с нарушениями технологических требований на ремонт. Так, очень часто не выполняется контроль геометрических размеров, прессовые работы выполняются без технологического подогрева или охлаждения, монтажно-регулирующие операции выполняются без контроля параметров, недостаточная чистота деталей и рабочего места, отсутствие вытяжки, отсутствие приспособлений ориентации деталей. Не контролируются усилие затяжки, твердость и шероховатость трущихся поверхностей. Многие детали оцениваются лишь визуально. Эти и другие причины ведут либо к снижению качества ремонта

(низкому ресурсу отремонтированной машины или ее сборочной единицы) либо к увеличению трудоемкости и издержек на ремонт.

Материалы и методы исследования

Для обоснования состава и основных параметров оборудования проведен сбор данных и анализ используемых технологий, оборудования для обеспечения работоспособности, составу сельхозтехники и потоку отказов посевной, почвообрабатывающей и зерно-кормоуборочной техники различных марок в сельскохозяйственных формированиях республики и крестьянских и фермерских хозяйствах, а также состояния и наличия посевной, почвообрабатывающей и зерно-кормоуборочной техники различных марок на уровне областей РК (Северо-Казахстанской, Акмолинской, Павлодарской, Карагандинской), районов (Аккольского, Енбекшильдерского и Шортандинского) Акмолинской области, а также девяти сельхозформирований (ТОО, КХ, ИП) Аккольского района.

Имеющийся среднесписочный состав оборудования в большинстве мастерских сельхозформирований позволяет проводить следующие виды ремонтных работ: разборка, замена вышедших из строя деталей или агрегатов, слесарные работы, сборка (70 % от всех видов работ), сварочные работы (около 12 % от всех видов работ), регулировка топливной аппаратуры, испытания отремонтированных агрегатов (до 8 % от всех видов работ), механические работы (токарные, фрезерные и прочие – 6 %).

Формирование состава и основных параметров оборудования для обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники в крестьянских и фермерских хозяйствах проводилось на основе моделирования процессов ремонта и устранения неисправностей машин.

Модель процессов разборки и сборки сборочной единицы (узла) с целью определения потребности в рабочих органах оборудования можно представить в виде следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned}
 B_D &= \frac{P}{1-ND}; \\
 C_D &= \frac{P \cdot D}{N \cdot I}; \\
 T_F &= \sum_{i=1}^N \frac{B_D}{S \times W}; \\
 T_C &= \sum_{i=1}^N \frac{C_D}{S \times W}
 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где P_D – объем разборочных работ для полной разборки сборочной единицы (узла);

P – трудоёмкость части разборочных операций;

C_D – объем сборочных работ для полной сборки сборочной единицы (узла);

C – трудоёмкость части сборочных операций;

D – общее количество деталей сборочной единицы (узла);

N – количество разбираемых (собираемых) деталей сборочной единицы (узла);

S – производительность оборудования;

W – фонд времени работы оборудования;

T_P, T_C – потребность в рабочих органах для разборки и сборки сборочной единицы (узла) [2].

При этом вводятся ограничения по составляющим модели.

По количеству разбираемых (собираемых) деталей сборочной единицы (узла). Наименьшее количество деталей равно двум, т.к. в процессе разборки (сборки) не может участвовать деталей менее двух. Наибольшее количество деталей принято без входящих в их состав метизов, а также исключены резинотехнические изделия и сборочные единицы (в основном, электротехнические) массой менее 50 грамм.

Фонд времени ограничен полным рабочим циклом за вычетом времени простоя, устанавливаемого коэффициентом использования оборудования.

Показатели трудоемкости варьируют в пределах производительности каждой рабочей органа оборудования, включаемой в состав или исключаемой из состава, в соответствии с намерением определения влияния на общую трудоемкость процесса и (или) производительность оборудования для обеспечения работоспособности.

В модель включены съёмники различных типоразмеров, приспособление для монтажа и демонтажа, приспособления для удержания, подставки гидравлические, приспособление для выпрессовки, приспособления для настройки и другие используемые при проведении работ по обеспечению работоспособности.

Таким образом, используя моделирование, имеется возможность проследить характер изменения показателей эффективности оборудования при изменении состава рабочих органов и (или) их технической характеристики.

Потребность в технологическом оборудовании для обеспечения работоспособности сельхозтехники хозяйств различных размеров рекомендуется табелем технологического оборудования и специализированного инструмента, в который включены две группы: оборудование общетехнического назначения и оборудование и приспособления, используемое только при ремонте и обслуживании сельскохозяйственной техники. К первой группе относятся универсальные металлорежущие станки, кузнечно-прессовое, крановое и другое оборудование.

Результаты и их обсуждения

Основной расчетной единицей при техническом нормировании производственных участков и технологического процесса (производства работ, направленных на поддержание технического состояния техники на заданном уровне) является операция. Исходные требования на технологические операции по ремонту и устранению неисправностей сельскохозяйственной техники включают следующие составляющие:

1) общие требования к технологическим операциям по ремонту и устранению неисправностей сельскохозяйственной техники;

2) требования к ремонту и устранению неисправностей полнокомплектных сельскохозяйственных машин;

3) требования к ремонту и устранению неисправностей составных частей, систем и агрегатов сельскохозяйственных машин:

- шасси;
- двигателей;
- топливной;
- пневматической и гидравлической;
- электрооборудования;
- рам и ходовой части;
- молотильных устройств, режущих барабанов, битеров, вентиляторов;
- редукторов, коробок передач, карданных передач;
- цепей, планчатых и ковшовых транспортеров элеваторов;
- решет, решетных станков, грохотов, скатных и стрясных досок;
- ножей, режущих лап, дисков;

4) требования к медницко-жестяницким работам.

Общие требования к технологическим операциям по ремонту и устранению неисправностей сельскохозяйственной техники включают требования к моечно-очистным операциям, требования к контрольно-измерительным, требования к операциям диагностирования и регулировки, требования к разборочным, сборочным операциям, требования к сварочным, слесарным операциям, требования к заправочно-смазочным операциям, а также требования к операциям технического сервиса.

Исходные требования к технологическим операциям по ремонту и устранению неисправностей сельскохозяйственной техники сводятся к следующему:

– наличие технологической документации на ремонт и устранение неисправностей (технологии, инструкции, руководства, описание диагностических параметров);

– определение оптимальных параметров составляющих оборудования (оптимизировать трудоёмкость разборочно-сборочных операций, пропускную способность – производительность разрабатываемого оборудования);

- использование перспективных технических решений при разработке оборудования с комплектом рабочих органов;
- высокая производительность (относительная – для заданного уровня технологического процесса и концентрации сельскохозяйственной техники);
- расширенные функциональные возможности для технологических операций;
- максимальную унификацию узлов оборудования;
- обслуживание минимальным штатом персонала;
- использование лучших мировых аналогов и охранный патент.

Установлено, что в структуре работ по ремонту и устранению отказов посевной, почвообрабатывающей и зерно-кормоуборочной техники на разборочно-сборочные операции приходится от 63 до 75 процентов от общей трудоемкости ремонта, на слесарные 17-27 %, сварочные 7-12 % и контрольно-регулирующие 6-21 %.

По результатам исследований определены основные технологические операции и оборудование для обеспечения работоспособности посевной, почвообрабатывающей и зерно-кормоуборочной техники различных марок в крестьянских хозяйствах, которые имеют ощутимое влияние на ресурс отремонтированной сборочной единицы сельхозмашины, показатели их безотказности [3].

Основные затраты труда (до 70 % от общего объема ремонтных работ) приходятся на разборочно-сборочные операции, что предопределяет актуальность повышения эффективности этих видов работ.

К перспективным техническим решениям, в направлении которых идут разработки ремонтного оборудования в мире, относятся разработки комплексных относительно небольших специализированных участков ремонта, применяемое оборудование на которых по возможности универсально или унифицировано. Новые решения предложены по конструктивному исполнению оборудования на гидравлике высокого давления в комплекте с рабочими органами. Применительно к разрабатываемому оборудованию на основе гидравлики высоких давлений с комплектом рабочих органов для ремонта и оперативного устранения отказов посевной, почвообрабатывающей и зерно-кормоуборочной техники различных марок в крестьянских и фермерских хозяйствах для анализа по матрице активного планирования приняты следующие факторы:

- количество средств ремонта $N = X_1$ в пределах от 1 до 37 шт.;
- количество ремонтируемых марок машин принято в пределах от одного до девяти штук $n_g = X_2$, а верхний предел принят из того, что большее число марок не носят массовый характер;
- поток заявок на ремонт от 1 машины до 13 шт. в месяц.

Исходные данные для проведения анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для обоснования состава оборудования

Международная агроинженерия 2018. №4

| Фактор | Количество средств ремонта | | Количество ремонтируемых машин | | Поток заявок, шт./мес. | Количество рабочих органов модуля силового |
|-----------------------|----------------------------|------------|--------------------------------|------------|------------------------|--|
| | шт. | тыс. тенге | шт. | тыс. тенге | | |
| Основной уровень | 19 | 1230,6 | 5 | 3609,0 | 7 | 15 |
| Интервал варьирования | 9 | 582,9 | 2 | 1443,6 | 3 | 5 |
| Верхний уровень | 28 | 1813,6 | 7 | 5052,6 | 10 | 20 |
| Нижний уровень | 10 | 647,7 | 3 | 2165,4 | 4 | 10 |
| Звездные точки | | | | | | |
| верхняя | 37 | 2396,5 | 9 | 6496,2 | 13 | 25 |
| нижняя | 1 | 64,8 | 1 | 721,8 | 1 | 5 |

Выходной функцией матрицы анализа перечисленных аргументов приняты издержки, связанные с трудоёмкостью ремонта (таблица 2).

Таблица 2 – Матрица и результат эксперимента

| № анализа | X ₁ | X ₂ | X ₃ | Y |
|-----------|----------------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | - | - | - | 0,03 |
| 2 | - | - | + | 0,05 |
| 3 | - | + | - | 0,04 |
| 4 | - | + | + | 0,035 |
| 5 | + | - | - | 0,043 |
| 6 | + | - | + | 0,11 |
| 7 | + | + | - | 0,10 |
| 8 | + | + | + | 0,25 |
| 9 | -2 | 0 | 0 | 0,01 |
| 10 | +2 | 0 | 0 | 0,17 |
| 11 | 0 | -2 | 0 | 0,02 |
| 12 | 0 | +2 | 0 | 0,17 |
| 13 | 0 | 0 | -2 | 0,01 |
| 14 | 0 | 0 | +2 | 0,17 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0,09 |

Полученная в результате функция регрессии позволяет определить обоснованность выбранного направления работ. Вид полученного уравнения регрессии следующий:

$$Y=0,10+0,03X_1+0,07X_2+0,07X_3+0,14X_1^2+0,14X_2^2+0,14X_3^2-0,01X_1X_2-0,02X_1X_3+0,04X_2X_3,$$

Суммарная зависимость издержек на ремонт от наличия оборудования показана на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что состав оптимально должен состоять из не менее 10 единиц оборудования. Для отбора необходимого количества оборудования в пределах оптимальной суммарной стоимости проанализировано оборудование по имеющемуся технологическому процессу. Технологический процесс разборки машин разных марок в одном потоке включает 37 наименований. В технологический процесс сборки входит примерно такое же количество оборудования, часть из которого повторяется, а часть применяется только при сборке.

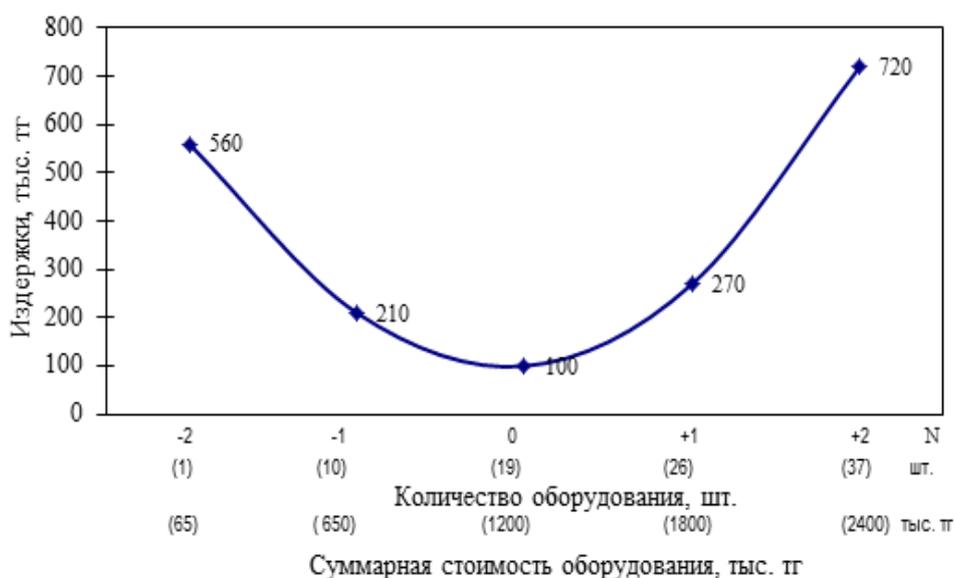


Рисунок 1 – Суммарная зависимость издержек

Рассмотренные технологический процесс и номенклатура средств ремонта охватывают все технологические операции, связанные с разборкой, сборкой машин и слесарно-подгоночными работами. Таким образом, на стадии макета были включены:

- верстак;
- устройство подъемное;
- пресс настольный с приспособлениями;
- съёмник гидравлический до 30 кН;
- съёмник гидравлический до 50 кН;
- съёмник гидравлический до 140-220 кН;

комплект средств для диагностирования и регулировки систем топливной, пневматической, гидравлической и выпуска отработавших газов;
тисы слесарные;
станок обдирочно-заточной настольный;
электродрель с конусом №1 и патроном;
компрессор малогабаритный;
ключ динамометрический;
приспособление для выпрессовки стаканов форсунок;
набор инструментов слесарный большой;
установка моечно-очистная;
устройства смазочно-заправочные.

Выводы

Оборудование должно обеспечивать повышение эффективности выполнения ремонта и оперативного устранения отказов посевной, почвообрабатывающей и зерно-кормоуборочной техники различных марок в крестьянских и фермерских хозяйствах, обеспечивать их техническую и экологическую безопасности.

Основные затраты труда (до 70 % от общего объема ремонтных работ) приходятся на разборочно-сборочные операции, что предопределяет актуальность повышения эффективности этих видов работ.

Список литературы

1. Усманов А.С., Голиков В.А., Утемуратов Ж.Ж./ Состояние машинно-тракторного парка агропромышленного комплекса Казахстана //Международная агроинженерия. – 2018. – № . – С. 6-14
2. Разработать с использованием перспективных технических решений новое унифицированное высокопроизводительное ремонтное оборудование/ Отчёт НИР (промежуточ). Индекс задания: 10.01.01.04, - Акколь, 2007. - № ГР 0207РК00742
3. Разработка оборудования для обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники в крестьянских и фермерских хозяйствах. Отчет о НИР, (промежуточ.): АФ ТОО «КАЗНИИМЭСХ»; рук. Кошик А.П. - Акколь, 2016. - 78 с. - № ГР 0216РК02265

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ТЕХНИКАНЫҢ ЖҰМЫСҚА ҚАБІЛЕТТІЛІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН ЖАБДЫҚ ҚҰРАМЫН НЕГІЗДЕУІНЕ

Аңдатпа

Мақалада машиналарды жөндеу және ақауларды жою процестерін модельдеу негізінде ауыл шаруашылық техникасының жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін құрал-жабдықтардың құрамын негіздеу бойынша негізгі шарқы өлшемдері мен зерттеу нәтижелері берілген. Құрал-жабдықтар жөндеу жұмысы мен егістің жедел істен шығуды

жоюдың орындау тиімділігін арттыру, фермерлік және қожалық шаруалықтарда топырақ өңдеу және астық-мал азығын жинайтын әр түрлі маркалы техниканы қамтамасыз етуі қажет, сонымен қатар оның техникалық және экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету керек.

Түйін сөздер: технологиялық жабдық, жоғары қысымды гидравлика, ақаулықтарды жою, ауыл шаруашылық техникасына техникалық қызмет көрсету.

THE SUBSTANTIATION OF STRUCTURE OF THE EQUIPMENT TO ENSURE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL MACHINERY

Annotation

In this article the results of studies on the justification of the composition and basic parameters of the equipment to ensure the performance of agricultural machinery based on the simulation of repair processes and elimination of malfunctions machines are presented. The equipment should improve the effectiveness of the repair and operational elimination of malfunctions of seeding, tillage and grain-harvesting machinery of various brands in peasant farms and farms, to ensure their technical and environmental safety.

Keywords: *technological equipment, high pressure hydraulics, repair, elimination of malfunctions, maintenance service of agricultural machinery.*

МРНТИ 20.01; 68.39.29

А.Н. Алтыбаев¹, Б.С. Арынгазиев², Е.В. Найденко¹, А.А. Куандыков¹
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации
сельского хозяйства», г. Алматы, Казахстан

²ТОО «Казахский научно-исследовательский институт животноводства и
кормоприготовления», г. Алматы, Казахстан

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ RFID-ТЕХНОЛОГИЙ В МЯСНОМ СКОТОВОДСТВЕ

Аннотация

Структурирована стратегия развития интенсивных технологий в мясном скотоводстве в условиях Казахстана, сформулирована общая постановка научной задачи и предложена концепция ее решения, базирующаяся на современных программно- аппаратных технологиях с применением RFID-системы. Изучены и систематизированы физико-технологические параметры объектов RFID-системы, анализированы эксплуатационные характеристики функционирования RFID-технологий в целом. Результаты исследований представлены в виде удобного для руководства при практической реализации организации внедрения RFID-системы. Анализирован рынок RFID-технологий в целом и их элементов в условиях Казахстана, установлено, наряду с элементами импортного производства налаживается продвижение комплектующих и казахстанского производства. По результатам анализа составлен перечень участников рынка RFID-технологий в Казахстане для руководства при проектировании откормочных площадок.

Ключевые слова: стратегия, система управления, постановка задачи, предметная область, RFID-технологии, RFID-метки, RFID-считыватели, RFID-антенны, программное обеспечение.

Введение

В настоящее время в Казахстане особое внимание уделяется животноводческой отрасли. Казахстан имеет большой потенциал в экспорте животноводческой продукции, особенно в поставках мяса. Наличие в стране огромных естественных пастбищных угодий дает возможность производить конкурентоспособную и, что немаловажно, экологически чистую животноводческую продукцию.

В целях развития отрасли животноводства и стимулирования сельскохозяйственных товаропроизводителей к технологической модернизации производства, а также повышению объемов и качества производимой животноводческой продукции предполагается продолжить государственную поддержку производителей животноводческой продукции. Государственная поддержка будет направлена на возмещение затрат на производство животноводческой продукции, на удешевление стоимости кормов, используемых для кормления маточного поголовья сельскохозяйственных животных, что позволит стимулировать наращивание их численности и, как следствие, увеличение количества получаемого приплода.

Министерство сельского хозяйства Казахстана субсидирует реализацию КРС на откормочные площадки. В рамках государственной программы

развития аграрного сектора экономики страны «Агробизнес-2020» разработано и успешно внедрено множество программ субсидирования и кредитования сельхозтоваропроизводителей [1].

Животноводство развивается столь же быстрыми темпами, как и остальная часть промышленности. Главными целями развития экспортного потенциала отрасли мясного скотоводства в Республике Казахстан являются повышение производительности труда в агропромышленном комплексе, наращивание доли экспорта продукции АПК в общей структуре экспорта страны.

Для этого требуется обеспечить увеличение поголовья крупного рогатого скота мясного направления и повышение эффективности ведения мясного скотоводства путем:

- развития отрасли мясного скотоводства на индустриальной основе;
- улучшения генетического потенциала популяции мясного скота и его продуктивных качеств;
- внедрения инновационных технологий в развитие мясного скотоводства;
- рационального использования и коренного улучшения пастбищных и сенокосных угодий;
- развития системы кормопроизводства;
- создания откормочных площадок;
- развития инфраструктуры для промышленного производства и переработки мяса;
- оздоровления эпизоотической ситуации в РК;
- оказания государственной поддержки отрасли мясного скотоводства;
- привлечения частных инвестиций в развитие мясного скотоводства.

В целях повышения эффективности оперативного управления процессом промышленного воспроизводства в животноводстве возникает необходимость создания откормочных площадок. На них будут доращивать и осуществлять заключительный откорм, а также содействовать фермерским хозяйствам в предоставлении быков-производителей на условиях аренды, лизинга, в поставке сбалансированных кормов, ветеринарном обслуживании и др.

В животноводстве существует ряд проблем, связанных с ручным трудом в осуществлении учета и отслеживания жизнедеятельности крупного рогатого скота.

Внедрение RFID-систем позволяет перейти к автоматическому заполнению и ведению электронного паспорта животного, при помощи которого удастся не только сократить время обработки данных, но и снизить вероятность возникновения ошибок при занесении данных в информационную систему фермы.

В многочисленном стаде сложно отслеживать состояние здоровья и историю болезней каждого отдельного животного. RFID-технологии позволяют без особых затрат сил и времени получать информацию о функционировании животного в стаде.

Преимущества RFID систем:

1) Быстрая идентификация крупного рогатого скота на расстоянии от 1 до 5 метров. Все данные о животном можно за пару секунд считать с достаточно большого расстояния - до пяти метров.

2) Электронный паспорт животного. Для каждого животного с помощью RFID-систем можно сделать электронный документ, принятый мировым стандартом качества, в котором будет содержаться следующая информация: прививки, порода, вязки и т.д.

3) Безопасность животных. Существует возможность легко узнать, что какая-либо корова не вернулась во время с пастбища в загон или обнаружить утерю, кражу скота, можно легко обнаружить это и вернуть животное. А также возможность вовремя диагностировать болезни и реагировать на них.

Материалы и методы исследования

Основной методологической базой исследования являются принципы системного подхода, общие принципы создания информационных систем, положения, изложенные в трудах ведущих отечественных и зарубежных ученых, занимающихся проблемами прикладной информатики, а также положения теории и практики в области мясного скотоводства в условиях Казахстана. Общая методика исследования включает: изучение, анализ, обобщение и систематизацию специальной литературы по проблеме исследования; анализ законодательных актов и нормативно-технической документации; инфологическое моделирование, беседа и интервью со специалистами и учеными в области мясного скотоводства.

Изучение инфраструктуры производственно-технологической деятельности откормочной площадки в условиях Казахстана проводилось на базе информационных ресурсов Казахского НИИЖиК, а также по результатам обзора и анализа научно-технической информации из фондов Национальной библиотеки РК, Республиканской научно-технической библиотеки, базы данных Scopus и других Интернет ресурсов. Также проводились опрос и анкетирование ученых и специалистов, занимающихся научным обеспечением производственно-технологических процессов и их практической реализацией в мясном скотоводстве.

Анализ архитектуры существующих информационных моделей по разработке и внедрению RFID системы в области мясного скотоводства проводился на основе изучения опыта мировых лидеров-разработчиков RFID-системы: CrowSafe System (Альберта, Канада).

Формирование системного представления предметной области объекта исследования (проект технического задания) реализовано на базе нормативно-технических и технологических регламентов, регулирующих деятельности откормочной площадки в условиях Казахстана, а также в соответствии с СТ РК 34.015-2002.

Результаты и их обсуждение

Результаты изучения и анализа официальных документов по социально-экономическому развитию Республики Казахстан позволяют сформулировать следующую концепцию повышения экспортного потенциала страны по производству мяса (рис.1): Стратегия социально-экономического развития Казахстана, изложенная в посланиях Президента Казахстана Назарбаева Н.А., служит методологическим ориентиром для разработки и принятия Государственных Планов и Программ по отраслям экономики.



Рисунок 1 – Иерархия этапов конкретизации постановки задачи

Согласно программе МСХ Казахстана одним из приоритетных направлений повышения продуктивности животноводства является создание современных откормочных площадок [2]. Как показывает мировой опыт, при прочих равных условиях, эффективность деятельности предприятия по промышленному производству мяса зависит от системы управления производственно-технологическими ресурсами, что связано с внедрением современных аппаратно-программных комплексов информационно-коммуникационных технологий на всех уровнях. Наиболее эффективным применением информационных и цифровых технологий в системе управления является автоматизация информационных процессов, связанных с учетом, хранения и обработки данных для принятия решений. Таким образом, актуальным вопросом развития технологии мясного скотоводства в условиях Казахстана является повышение эффективности деятельности откормочных площадок путем внедрения и отладки системы автоматизированного управления производственно-технологическими ресурсами.

Исходя из предложенной концепции, можно сформулировать предметную область объекта исследования. Для того, чтобы получить адекватную предметную область в виде системы правильно работающих программ,

необходимо иметь целостное, системное представление модели, которое отражает все аспекты функционирования будущей информационной системы. Построение таких моделей представляет собой трудоемкий и наукоемкий процесс, требующий больших усилий от специалистов-участников, представляющих различные отрасли и направления знаний (рис.2).



Рисунок 2 – К определению предметной области ПО

Таким образом, достижение цели в рамках данной постановки задачи сводится к анализу и подпору материально-технической базы RFID-технологий, выбора программной платформы и проектированию архитектуры базы данных, исходя из специфики бизнес-процессов идентификации животных (бычков) в условиях откормочной площадки с учетом ее целевой направленности деятельности.

RFID-система – это технологическая платформа идентификации, использующая радиочастотное электромагнитное излучение для чтения/записи информации на устройство (метку). Метка может содержать любые данные об объекте, которые хранятся в цифровой форме. Она рассматривается как самостоятельное направление, входящее в группу автоматической идентификации и регистрации товаров, услуг, объектов охраны и защиты при помощи радиочастотного канала связи [3].

Использование RFID-технологии обеспечивает круглосуточный оперативный учет и контроль передвижения товаров, оплаты услуг, открытие/закрытие доступа к информации, что дает возможность практического применения во всех областях автоматического получения данных, в отраслях таких как: транспорт и логистика; оптово-розничная торговля; учет и инвентаризация имущества; образовательные учреждения; складная логистика; мероприятия, форумы конференции; животноводство; архивы и библиотеки; здравоохранение и фармацевтика и т.д. (рисунок 3).

Структура, компоненты RFID-системы. Базовыми компонентами системы являются: RFID-метки, RFID-считыватели и компьютер с программным обеспечением. Считыватели RFID имеют разнообразные формы и

функциональности, от ручного считывателя в виде палки до КПК, с помощью которого можно вводить различную информацию о животном. Так же в качестве считывателя используются ворота, проходя через которые животное заносится в базу. В качестве компьютера удобно использовать ноутбук для мобильности системы [4, 5].

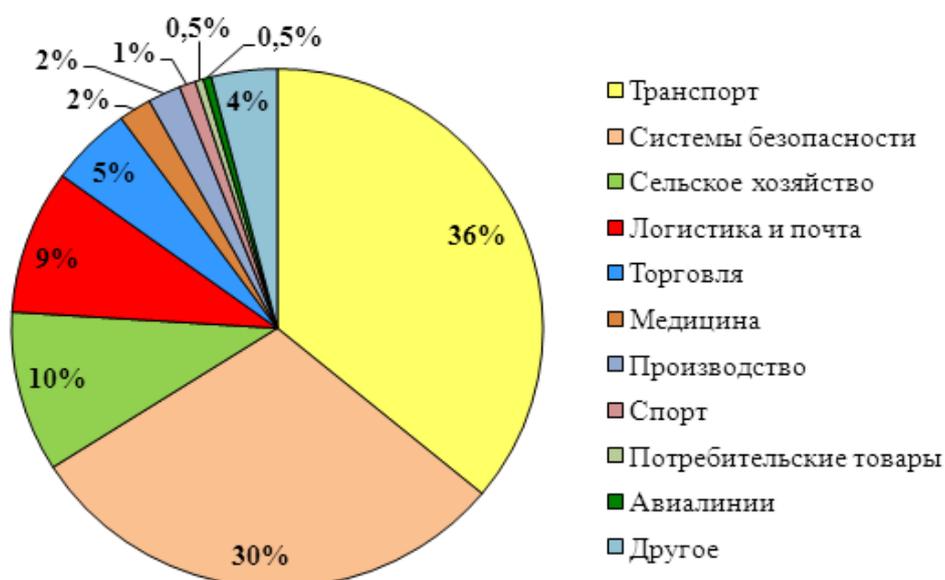


Рисунок 3 – Распределение применения RFID-технологий

Типовая структура RFID-системы состоит из следующих частей: радиочастотная метка (тег); прием-передача сигналов; считыватель; аппаратно-программный комплекс (рисунок 4).

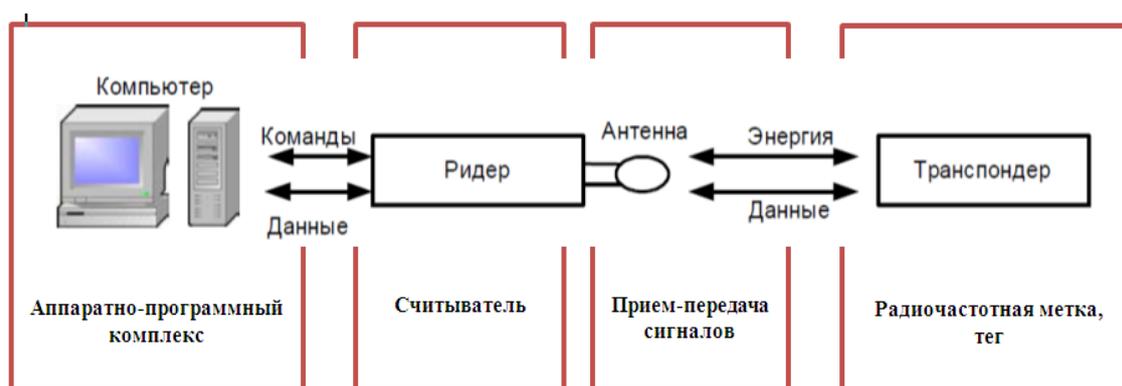


Рисунок 4 – Типовая структура RFID-системы

Компоненты RFID-системы:

RFID-метки – устройства, способные хранить и передавать данные. В памяти меток содержится уникальный идентификационный код. У некоторых RFID-меток память может перезаписываться.

RFID-считыватели – приборы, которые читают информацию с меток и записывают в них данные. Подключаются к учетной системе и работают автономно.

Учетная система – программное обеспечение, которое накапливает и анализирует полученную с меток информацию и связывает все элементы в единую систему. Современные учетные системы (программы семейства 1С, корпоративные информационные системы) совместимы с RFID-технологией и не требуют специальной доработки.

Классификация RFID-меток. Радиочастотные метки являются основным компонентом системы идентификации, основанной на передаче данных по радиоканалу. Разные RFID-метки подходят для использования в разных сферах деятельности. От выбора конкретного типа меток зависит эффективность системы идентификации в целом [6, 7].

Общая классификация устройств работы с RFID-метками представлена на рисунке 5.

RFID-метки, несмотря на миниатюрность и внешнюю простоту – это высокотехнологичные устройства, которые можно систематизировать по разным признакам:

- по частоте;
- по типу памяти (по возможности перекодирования);
- по источнику питания;
- по исполнению (форм-фактор).

Виды RFID-считывателей. RFID-считыватели – устройства, работающие по принципу радиочастотной бесконтактной идентификации, позволяющие считывать и записывать информацию на RFID-метки [8].

Возможность работы с различными стандартами меток зависит от возможности работы считывателя в тех или иных частотных диапазонах. Оборудование, представленное компанией ISBC, работает в трех основных частотных диапазонах, принятых как стандартные практически во всем мире:

- нижние частоты, Low frequency - 125 кГц и 134.2 кГц.
- высокие частоты, High Frequency - 13.56 МГц.

Сверхвысокие частоты, Ultra high frequency – широкий диапазон частот 860-960 МГц. Принято разделение на основные рабочие частоты. исходя из региона, в котором оборудование применяется.

UHF RFID считыватели предназначены для работы с RFID-метками сверхвысокого диапазона частот 860-960 МГц (Ultra high frequency – UHF), совместимыми с EPC Gen2 и стандартом ISO18000-6. Считыватели частотного диапазона UHF могут обладать различной дальностью работы: короткая, средняя и дальняя. Часть считывателей предназначена для кодирования меток, часто используются в настольном исполнении, обладают дальностью не более 20-30 сантиметров. Другие – наоборот, предназначены для дальней идентификации RFID-меток на расстоянии в десятки метров – как правило, это стационарные, настенные считыватели Long range readers. Существуют класс переносных мобильных ридеров и класс встраиваемых в комплексы и терминалы модульных устройств чтения и записи UHF RFID-меток. Типовое применение: автоматизация, управление производственным процессом, учет

товародвижения, управление поставками (Ритейл, складская и транспортная логистика), учет и инвентаризация основных средств и производимой продукции. Считыватели UHF могут работать с большим количеством меток на большой скорости.

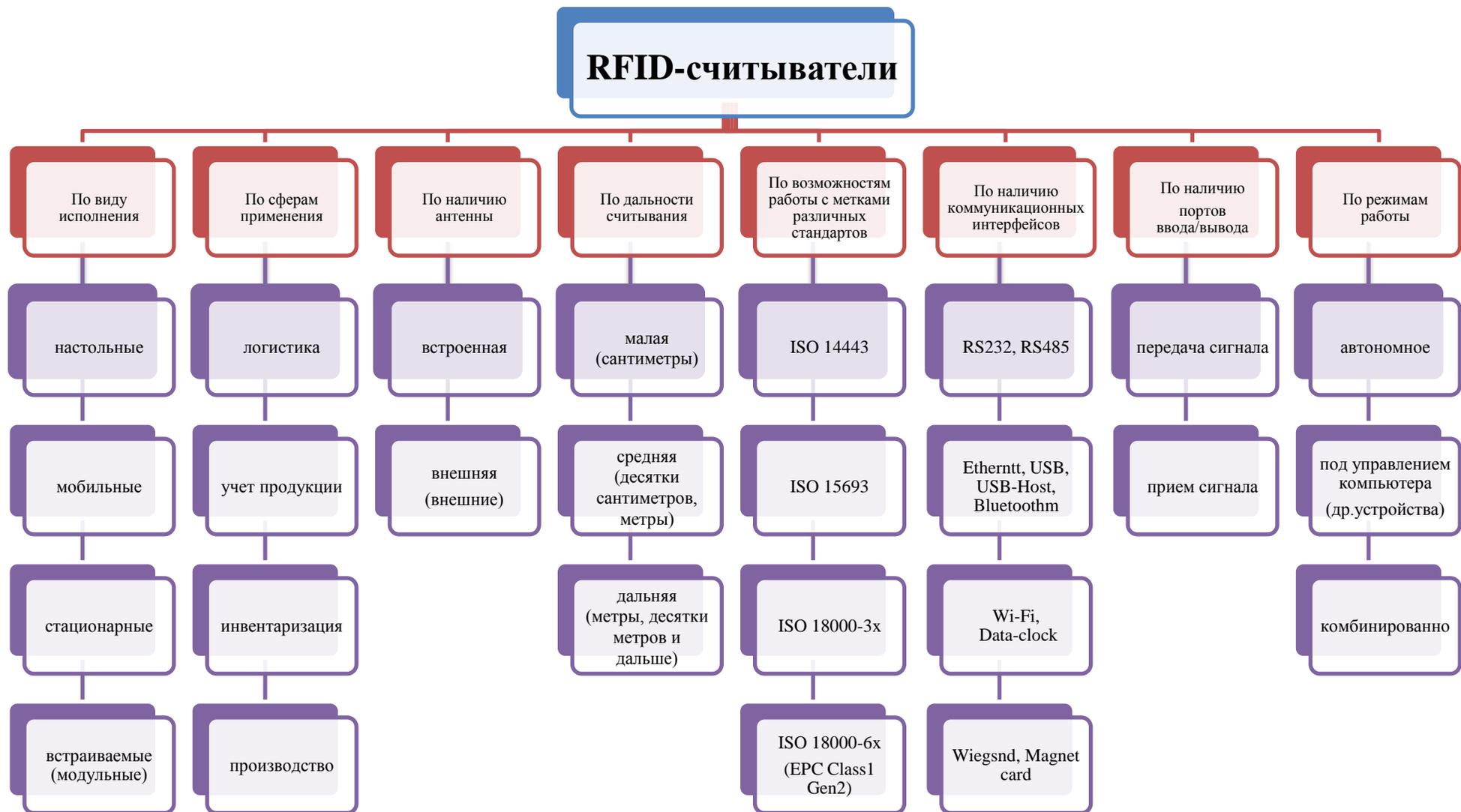


Рисунок 5 – Общая классификация устройств работы с RFID-метками

Как правило, средний показатель по ридерам RFID ГК ISBC составляет до 150 меток за 1 секунду в стандартном режиме, в режиме плотного считывания – до 330 меток за 1 секунду. Общее количество меток, с которыми устройство может работать одновременно, практически не ограничено.

Считыватели UHF условно можно разделить на несколько групп: ближней идентификации, средней и дальней идентификации. Применение UHF особенно актуально именно в задачах дальней идентификации. Для решения подобной задачи отлично подойдут RFID-считыватели FEIG Electronic. RFID-считыватели дальней идентификации FEIG Electronic LRU1002 и LRU3000/3500 с успехом применяются в задачах мониторинга, регистрации автомобилей, для организации автоматических пунктов проезда. Считыватели FEIG Electronic могут также применяться и на пунктах взимания платы, это стало возможным благодаря поддержке пассивных меток UCODE DNA от компании NXP, обладающих высоким уровнем криптографической защищенности AES128 бит. Помимо вышеуказанных защищенных меток, считыватели FEIG ELECTRONIC работают с пассивными метками стандарта EPC Class1 Gen2 ISO 18000-6C [9].

Данный тип меток не требует батареек или других элементов питания, следовательно, метки не требуют дополнительного технического обслуживания, срок их службы практически не ограничен.

HF RFID считыватели предназначены для работы в высокочастотном диапазоне (13,56 МГц). Как правило, используются в сфере логистики, розничной торговли и библиотечно-архивного дела, в прачечных. Основные рабочие стандарты – ISO 15693, ISO-18000-3х. Считыватели могут взаимодействовать одновременно с большим количеством меток.

В таблице 1 представлены RFID-считыватели существующих технологических решений.

Таблица 1 – Виды RFID-считывателей

| | |
|--|---|
| <p>Стационарные RFID-считыватели – модели считывателей, устанавливающиеся на неподвижные объекты. Демонстрируют более высокие показатели быстродействия и дальности считывания. Способны одновременно обрабатывать несколько меток</p> |  |
| <p>RFID-считыватели монтируемые на транспортные средства – модели устанавливаемые на средства передвижения, например, складские погрузчики и другую спецтехнику</p> |  |
| <p>Ручные RFID-считыватели – модели считывателей применяемые в случаях непосредственной работы с товаром, а так же для повышения производительности труда при необходимости постоянно передвижения по территории предприятия</p> |  |

| | |
|---|---|
| <p>RFID-ворота (RFID-порталы) – являются специальными стационарными RFID-считывателями, закреплёнными на металлическом каркасе с подключенными антеннами. Их главное предназначение – контроль процесса погрузки/выгрузки товара, а так же осуществление работ противокражной системы</p> |  |
| <p>RFID-замки – электронные замки, открывающиеся бесконтактным методом с помощью специального RFID-ключа, представляющего собой модифицированную RFID-метку</p> |  |

Ручные (мобильные) RFID считыватели обладают меньшей дальностью действия (чтения и записи RFID меток) поскольку ограничены мощностью источника питания. При наличии в ручном RFID считывателе беспроводной связи может быть реализован постоянный обмен данными с учетной системой.

Стационарные RFID-считыватели обеспечивают максимально возможные показатели по дальности и быстродействию считывания RFID меток. Они подключаются к системе по сети Интернет. Эти считыватели могут работать с антеннами различных типов.

Виды RFID-антенн. Связь между RFID-меткой и считывателем RFID устанавливается с помощью RFID-антенны. Компактные и высокопроизводительные антенны Motorola используются для установки как внутри, так и снаружи помещений. Каждая из RFID-антенн создана для решения ряда специфических задач [10].

RFID-антенна AN720 Motorola используется как внутри помещений, так и под открытым небом. Небольшие размеры дают возможность установить ее в ограниченном пространстве. Антенна AN720 отлично подходит к RFID-считывателю Motorola FX7400.

RFID антенна Motorola AN400 имеет широкую зону считывания и высокую скорость обработки сигнала при считывании EPC-совместимых пассивных меток. RFID антенна AN400 предназначена для монтажа на стену или потолок и формирует зону считывания около дверных проемов и стеллажей, то есть везде, где осуществляется поставка и отгрузка груза.

RFID антенны различаются по многим параметрам, основной из которых – диапазон их действия.

Одной из главных положительных характеристик этих устройств является то, что они позволяют считывать информацию с товаров, находящихся даже в самых труднодоступных местах. Эта их способность достигается при помощи системы крепления: антенны RFID можно установить на потолки и стены. Сфера применения изучаемых нами устройств чрезвычайно широка – это и торговля, и складские помещения, и производственные процессы, и система здравоохранения и многое-многое другое.

Антенна может подключаться к считывателю напрямую с помощью специализированного кабеля, группа антенн может быть подключена через

RFID мультиплексор, задействовав при этом только один порт ридера. Для настройки RFID HF антенн можно применять RFID тюнер, который автоматически её калибрует, предоставляя оптимальные характеристики пользователю. UHF антенны не требуют дополнительной настройки и могут быть подключены к ридеру напрямую.

Программный-аппаратный комплекс. Для управления считывающим оборудованием и интеграции с внешними устройствами используется специальное промежуточное программное обеспечение (RFID-платформа). В силу специфики работы считывающего оборудования (опрос меток несколько сотен раз в секунду) и индивидуального учёта каждого объекта необходимо реализовывать фильтрацию и агрегацию информации перед тем, как ее передавать в учетную систему в нужном формате. В настоящее время разработчиками предлагается широкий круг аппаратно-программных комплексов, так как многие из них спроектированы под конкретные производственно-технологические задачи [11].

Структура типового аппаратно-программного комплекса представлена на рисунке 7.

Платформа предоставляет клиентскому ПО несколько программных интерфейсов API. Функционал, предоставляемый каждым API одинаков. Основное отличие – возможность и удобство использования в клиентском ПО. Возможные варианты:

- DLL API – «классический» API в виде набора функций, типов, констант, предоставляемых Windows DLL;
- Web API – набор HTTP запросов на основе XML или JSON;
- SQL API – набор хранимых процедур SQL.

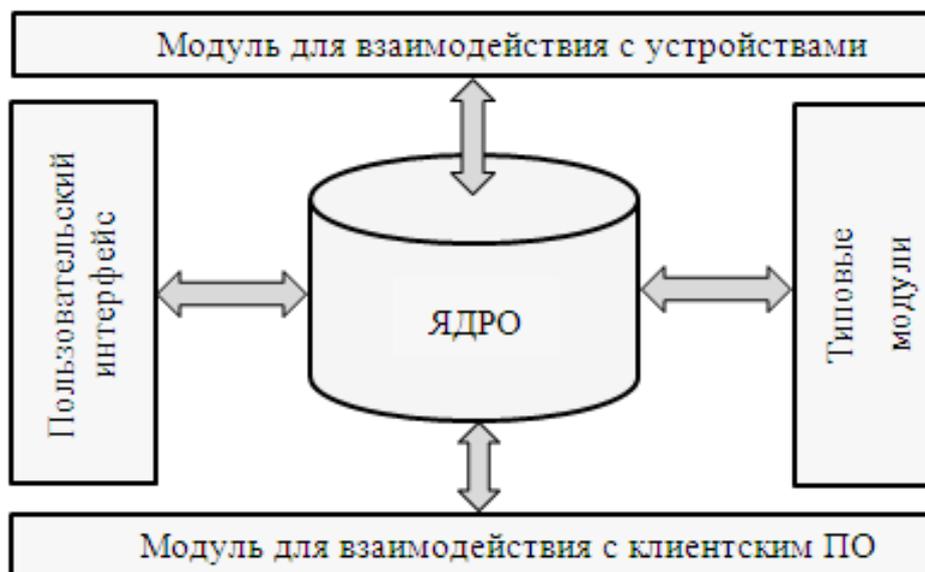


Рисунок 7 – Структура типового аппаратно-программного комплекса процесса радиочастотной идентификации

RFID-системы в сельском хозяйстве. В наши дни идентификация животных посредством радиочастотной (RFID) технологии становится прямой необходимостью.

Технология RFID применяется для идентификации крупного рогатого скота в животноводстве (регистрация их перемещения, перенесенных болезней), для исследования поведения и миграции диких животных. В первом случае, обычно бирку с идентификатором прикалывают к уху животного. Во втором - вживляют под кожу животного в виде маленькой стеклянной капсулы. Обычно для маркировки животных применяют метки, работающие на частотах 134 КГц.

Преимущества RFID системы в животноводстве:

- быстрая идентификация на расстоянии 1-5 метров. Все данные о животном можно за пару секунд считать с достаточно большого расстояния - до пяти метров;

- безопасность животных. Каждое животное будет в поле вашего зрения благодаря сигналам, посылаемым с меток, а также вовремя диагностировать болезни.

- электронный паспорт. Для каждого животного можно завести свой электронный документ принятого мирового стандарта, в котором будет собрана необходимая о нем информация: порода, прививки, вязки и т.д.

- упрощается кормление. Можно легко определить и изменить информацию о специфике и количестве корма для каждого животного, а также сопоставить эти сведения с получаемыми надоями, как часто и сколько животное потребляло корма и каковы после этого были удои, сколько времени животное проводит на пастбище, а также осуществлять автоматическое взвешивание.

Базовыми компонентами RFID системы для животноводства являются: RFID метки, RFID считыватели и компьютер с программным обеспечением. Считыватели RFID имеют разнообразные формы и функциональности (ручной, стационарный). Так же в качестве считывателя используются ворота, проходя через которые животное заносится в базу. В качестве компьютера удобно использовать ноутбук для мобильности системы.

Работа RFID системы заключается в следующем. Метка состоит из двух компонентов: антенны и микрочипа. Когда считыватель метки подносится к животному на расстояние достаточное для передачи, на микрочип и антенну метки подается питание. Генерируется сигнал и пересылается в считыватель. Самый простой сигнал от микрочипа это его ID номер, но так же в нем может храниться информация, например дата и вес последнего взвешивания животного или время прохождения осмотра у ветеринара.

ID номер животного, который считывается с метки, заносится в программу компьютера, чтобы в дальнейшем исключить ручной ввод человека этой информации, а значит устранить ошибки при учете. Программное обеспечение позволяет хранить и анализировать данные (вес, количество животных, размер, пол и т.д.), осуществлять выборку, как об отдельном животном, так и о группе.

Использование программного обеспечения является большим преимуществом по сравнению с бумажными носителями информации. Данные с компьютера позволяют получать более точную информацию и принимать своевременные решения при управлении работой фермы [12].

Упрощенная схема функционирования RFID-технологии в животноводстве показана на рисунке 8.

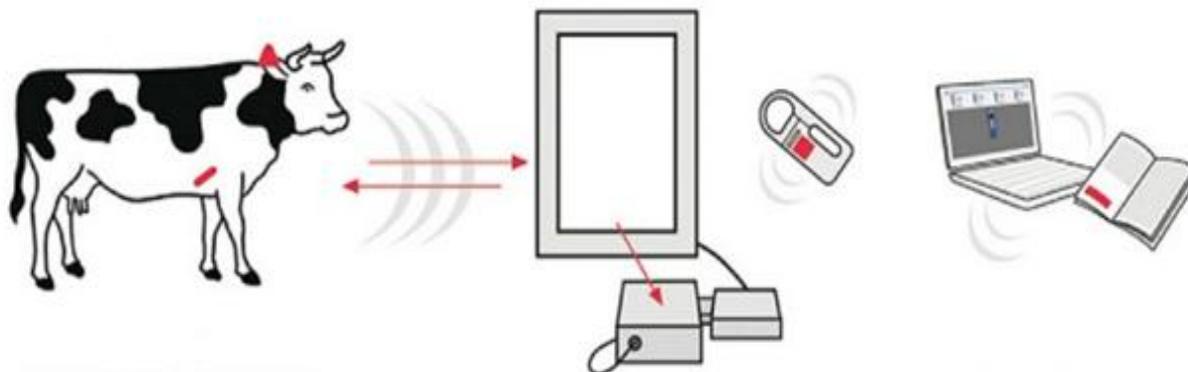


Рисунок 8 – Схема функционирования RFID технологии в животноводстве

- 1) Животные маркируются метками;
- 2) Данные о животных заносятся в компьютер. При этом к компьютеру присоединяются считыватель, ворота прохода, электронные весы;
- 3) На основе отчетов производится анализ результатов по каждому животному в отдельности и по всей группе сразу.

Выводы

Проведен анализ Стратегии социально-экономического развития Республики Казахстан по обеспечению продовольственной безопасности, в том числе директивные документы по развитию мясного скотоводства. Установлено, наиболее перспективным направлением повышения экспортного потенциала по производству мяса является создание специализированных откормочных площадок.

Показано, что эффективность предприятий (откормочных площадок) по промышленному производству мяса на современном уровне технологической модернизации в значительной степени определяется внедрением системы управления производственно-технологическими ресурсами на основе RFID-технологий.

Изучены и систематизированы физико-технологические параметры составляющих RFID-системы, анализированы эксплуатационные характеристики функционирования RFID-технологий в целом. Результаты исследований представлены в виде удобного для руководства при практической реализации организации внедрения RFID-системы.

Анализирован рынок RFID-технологий в целом и их элементов в условиях Казахстана, установлено, что наряду с элементами импортного производства налаживается продвижение комплектующих и казахстанского производства. По

результатам анализа составлен перечень участников рынка RFID-технологий в Казахстане для руководства при проектировании откормочных площадок.

Список литературы

1 Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан (Агробизнес-2020).

2 Приказ Заместителя Премьер-Министра Республики Казахстан - Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 15 июня 2018 года № 256 «Об утверждении Правил субсидирования развития племенного животноводства, повышения продуктивности и качества продукции животноводства» /ИС «Эталонный контрольный банк НПА РК в электронном виде» 3 сентября 2018 //«Казахстанская правда» от 11 сентября 2018 г. № 171 (28800).

3 RFID – технология РадиоЧастотной Идентификации - Центр КТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://shtrih-center.ru/state/rfid_tehnologiya_radiochastotnoy_identificacii.html (дата обращения: 11.01.2017).

4 Состав RFID-системы [Электронный ресурс] URL: https://studref.com/321443/informatika/sostav_rfid_sistemy.

5 Классификация RFID меток [Электронный ресурс] URL: http://ics-market.com.ua/ru/site_content/204-klassifikatsiya-rfid-metok/1020-klassifikatsiya-rfid-metok/

6 Состав RFID-системы [Электронный ресурс] URL: https://studref.com/321443/informatika/sostav_rfid_sistemy.

7 Классификация RFID меток [Электронный ресурс] URL: http://ics-market.com.ua/ru/site_content/204-klassifikatsiya-rfid-metok/1020-klassifikatsiya-rfid-metok/

8 RFID считыватели. [Электронный ресурс] URL: // <http://pay-nfc.ru/rfid/rfid-schityvateli>.

9 RFID считыватели FEIG. [Электронный ресурс] URL:<http://www.shelni.ru/press/11552/>

10 RFID антенны [Электронный ресурс] URL: <http://www.iqsklad.ru/catalog/type/51.html?page=2>

11 RFID-платформа. [Электронный ресурс] URL: <http://www.tech-id.ru/content/po-rfid-platforma>.

12 Землянухина Д., Кибарова Л. Применение RFID-частот для идентификации крупного рогатого скота в цепи поставок мясомолочной продукции //«Устойчивое развитие Центральной Азии. Вестник КНУ»: Научный журнал Казахстанско-Немецкого Университета, 2017 /Составители Р. Серик, Н. Сыздыков. – Алматы, 2017. – 242 с.

ЕТТІ ІРІ ҚАРА МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА RFID-ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ МӘСЕЛЕСІ

Аңдатпа

Қазақстан жағдайындағы сиыр етіне арналған интенсивті технологияларды дамыту стратегиясы қалыптасты, ғылыми проблеманың жалпы тұжырымдамасы әзірленді және RFID жүйесін қолданумен қазіргі заманғы бағдарламалық-аппараттық технологиялар негізінде шешім тұжырымдамасы ұсынылды. RFID жүйесінің объектілерінің физикалық және технологиялық параметрлері зерттелінді және жүйеленді, ал тұтастай алғанда RFID технологиясының жұмыс сипаттамалары талданды. Зерттеу нәтижелері RFID жүйесінің енгізуін практикалық жүзінде іске асыруға арналған нұсқаулық түрінде ұсынылған. RFID-технологиялар нарығын және олардың Қазақстан жағдайындағы элементтері талданды және импорттық өндірістің элементтері мен компоненттерімен қатар қазақстандық өндірістің дамуы жақсарып келеді. Талдау нәтижелері бойынша Қазақстандағы RFID технологиясы нарығының қатысушылары бордақылау алаңдарын жобалауға бағытталған.

Кілттік сөздер. стратегия, басқару жүйесі, мәселелер мәлімдемесі, пән саласы, RFID-технологиясы, RFID-меткалары, RFID-считывателі, RFID-антенналары, бағдарламалық жасақтама.

TO THE QUESTION OF APPLICATION OF RFID TECHNOLOGIES IN MEAT CATTLE

Annotation

The strategy for the development of intensive technologies in beef cattle in the conditions of Kazakhstan has been structured, a general formulation of the scientific problem has been formulated, and a solution concept has been proposed based on modern software and hardware technologies using the RFID system. Physical and technological parameters of the objects of the RFID system were studied and systematized, and the operational characteristics of the functioning of RFID technologies as a whole were analyzed. Research results are presented in the form of a guide for practical implementation of the organization of the implementation of the RFID system. Analyzed the market of RFID-technologies in general and their elements in the conditions of Kazakhstan, it has been established, along with the elements of import production, the promotion of components and Kazakhstan production is improving. Based on the results of the analysis, a list of participants in the RFID technology market in Kazakhstan was compiled to guide the design of feedlots.

Keywords. strategy, management system, problem statement, subject area, RFID technology, RFID tags, RFID readers, RFID antennas, software

МРНТИ: 29.27.51; 30.51.23

В.Е. Мессерле¹, А.Б. Устименко²

¹РГП на ПВХ «Институт проблем горения, г.Алматы, Казахстан

²ТОО «Плазматехника R&D», НИИ Экспериментальной и теоретической физики КазНУ им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

ТОПЛИВНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ УГЛЯ

Аннотация

В данной работе представлены результаты расчетных и экспериментальных исследований влияния органических высокорекреационных топливных добавок на эффективность сжигания высокозольного энергетического угля, включая экологические показатели процесса. Предложено техническое решение по разработке технологии совместного сжигания твердых топлив с органическими высокорекреационными топливными добавками (ОВТД) и созданию специализированной камеры сгорания с системой плазменного запуска, выполнены термодинамический анализ и кинетический расчет процесса совместного сжигания твердых топлив с ОВТД, на основе которого выбраны оптимальные температуры процесса, коэффициент избытка воздуха и геометрические параметры специализированной камеры сгорания. Термодинамические расчеты процесса сжигания Экибастузского угля показали, что для сжигания 1 кг угля требуется 7 кг воздуха. При использовании ОВТД выявлена тенденция возрастания в продуктах сгорания угля концентраций CO_2 , H_2O и соответствующего снижения концентраций O_2 и N_2 , что свидетельствует о некотором повышении полноты реакций окисления углерода и водорода. ОВТД из легких эфиров оказывают существенное влияние на снижение концентрации вредных выбросов SO_2 (снижение на 11%), и NO (снижение на 94%). Кинетические расчеты показали, что процесс сгорания Экибастузского угля (расход угля 10 кг/ч) полностью завершается в камере сгорания диаметром 0.2 и высотой 0.9 м. Выполнена серия из 52 экспериментов по совместному сжиганию высокозольного Экибастузского угля с органическими высокорекреационными топливными добавками в специализированной камере сгорания. Комплекс численных и экспериментальных исследований сжигания высокозольного каменного угля в разработанной камере сгорания с расходом угля до 10 кг/ч и воздуха до 70 кг/ч позволил оценить эффективность топливных добавок Omstar-DX1 и Open Flame, представляющих собой смесь легких эфиров. Были выполнены сравнительные испытания сжигания угля без использования добавок и с использованием добавок с различным массовым отношением добавка : уголь (0-5 мл на 1 кг угля).

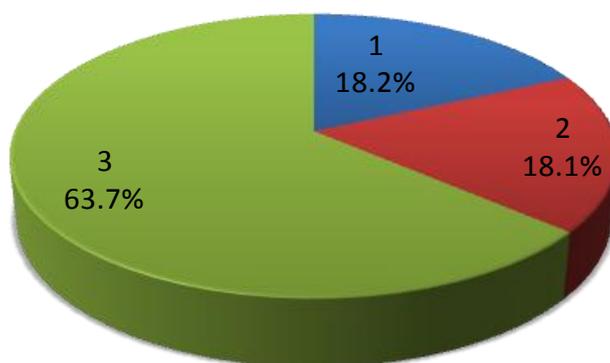
Ключевые слова: Уголь, горение, органические высокорекреационные топливные добавки, расчет, эксперимент

Введение

В ближайшие 20 лет в связи с высокой долей твердых топлив в мировом производстве электрической энергии (28% в 2035 г. [1]) и наблюдающимся дефицитом электрической и тепловой энергии значительное внимание в мире уделяется повышению эффективности и экологической безопасности процессов сжигания твердых топлив на пылеугольных тепловых электрических станциях, вырабатывающих более 40% электрической и тепловой энергии [2]. При этом наблюдается общемировая тенденция снижения качества энергетических углей,

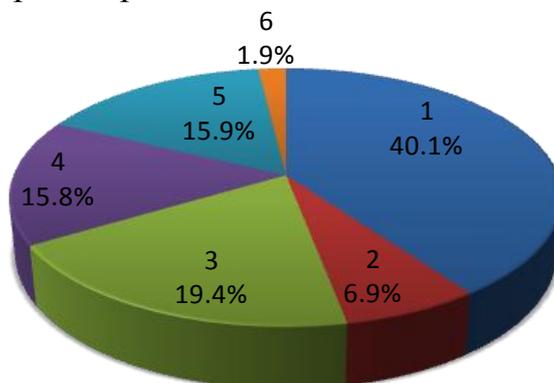
что приводит к увеличению использования непроектных топлив, т.е. углей с теплотехническими характеристиками, отличающимися от проектных. В связи с этим ухудшаются как технико-экономические, так и экологические показатели работы котлоагрегатов. По этой причине особую актуальность приобретает создание и применение новых технологий эффективного сжигания твердых топлив, независимо от их качества. Доля угля в запасах ископаемых топлив показана на рисунке 1. По сравнению с другими ископаемыми топливами, запасы угля приблизительно в четыре раза превышают запасы нефти (оценочно на 41 год) или запасов газа (на 67 лет) [3].

Мировая энергетика в настоящее время и на обозримую перспективу ориентирована на использование органического топлива, главным образом низкосортных углей. Следует отметить, что ухудшение качества энергетических углей наблюдается повсеместно, и не только в странах СНГ, но и в развитых капиталистических странах. Несмотря на то, что за всю историю были подъемы и падения в активности использования угля, он и сейчас остается одним из важнейших топлив для выработки энергии, особенно электрической (рисунок 2). В этой связи повышение эффективности сжигания твердых топлив с использованием существующих методов, включая топливные добавки, является острой проблемой энергетики.



1 – нефть, 2 – газ, 3 – уголь

Рисунок 1 – Мировые разведанные запасы ископаемых топлив [1]



1 – уголь, 2 – жидкое топливо, 3 – газ, 4 – атомная энергия, 5 – гидроэнергия, 6 – возобновляемые источники энергии.

Рисунок 2 – Распределение энергоносителей по производству электроэнергии в мире [2]

Широко известен способ повышения эффективности использования моторных топлив и их октанового числа с использованием топливных добавок [4]. Например, в качестве добавки к бензину используется метил-трет-бутиловый эфир, которого только в России производится около 1 млн. тонн в год. Для повышения эффективности использования дизельного топлива применяют топливные добавки на основе спиртов и легких эфиров [5, 6].

Хотя объемы потребляемого угля в различных отраслях мировой экономики из года в год повышаются, а качество его снижается, использование топливных добавок для повышения эффективности сжигания угля мало изучено и практически не применяется [7]. С повышением количества сжигаемого угля увеличивается и интенсивное загрязнение окружающей среды экологически опасными химическими элементами, соединениями и веществами (оксиды азота, оксиды серы, углекислый газ и твердые частицы углерода), что делает применение топливных добавок к углю особенно актуальным. Для углей в настоящее время в качестве твердых добавок в основном применяют силанит, серпентин, железосодержащие кварциты, отходы металлообработки и другие. Топливные добавки – это химические элементы, соединения или вещества, вводимые непосредственно в сжигаемое топливо с целью экономии твердого топлива и улучшения его эксплуатационных, экологических и других характеристик в процессе его сжигания. Как правило, все твердые топливные добавки представляют собой минеральные вещества и имеют в своем составе SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO , MnO , K_2O , H_2O , OH .

Механизм действия топливных добавок заключается в следующем. Топливные добавки, поступая в зону горения, нагреваются до высоких температур (1000 – 1300°C и более). Под их воздействием межмолекулярные связи в добавке ослабевают и рвутся. В результате разрыва образуются свободные электроны и протоны, которые переходят на орбиты других химических элементов и соединений. Этот процесс сопровождается многочисленными микровзрывами и выделением дополнительной энергии, что визуально заметно по повышению светимости объема горения (эффект Ленарда). Вода, содержащаяся в составе добавки, интенсивно разлагается на атомарный водород (H), кислород (O) и гидроксил (OH), повышая реакционную способность топлива и активизируя процесс его горения. В результате действия добавок изменяются условия и механизм протекания всех физико-химических процессов, в том числе и окислительно-восстановительных реакций, выравнивается поле температур по всему объему горения, снижается потребность в необходимом для сжигания топлива воздухе, уменьшается количество продуктов неполного сгорания и соответственно увеличивается выход продуктов полного сгорания.

Применение минеральных топливных добавок к углю имеет и свои недостатки. Как правило, доля минеральных топливных добавок составляет 5-10% от массы угля, что увеличивает количество золы при сжигании угля с

топливной добавкой. В состав золы входят как продукты сжигания угля, так и продукты термической трансформации минеральной топливной добавки. Также снижается теплотворная способность сжигаемой горючей смеси; увеличиваются затраты энергии на подготовку и ввод минеральной добавки.

В настоящей работе для устранения вышеуказанных недостатков применения минеральных топливных добавок к углю предлагается использовать органические высокорекреационные топливные добавки (ОВТД) на основе жидких топлив, спиртов и эфиров. Учитывая более высокую реакционную способность последних, их доля может быть значительно ниже 0.5%.

Материалы и методы исследования

Термодинамический расчет

Термодинамический анализ процесса сжигания угля был выполнен с использованием универсальной программы TERRA [8]. В отличие от традиционных в химической термодинамике методов расчета параметров равновесия с использованием энергии Гиббса, констант равновесия и закона действующих масс Гульдберга и Вааге, программа TERRA, базируется на принципе максимума энтропии для изолированных термодинамических систем, находящихся в состоянии равновесия. База данных программы TERRA содержит термодинамические свойства более 3000 индивидуальных веществ в интервале температур от 300 до 6000 К.

Выполнены термодинамические расчеты процесса сжигания Экибастузского каменного угля (Таблица 1) с определением оптимальных температур и коэффициента избытка воздуха без ОВТД с целью последующего сравнения результатов сжигания угля с ОВТД.

Чтобы найти необходимое количество воздуха для полного сжигания высокозольного Экибастузского угля, процесс был рассчитан в температурном интервале от 600 до 2000 К при давлении 0.1 МПа с варьированием коэффициента избытка воздуха α от 4 до 8.

Таблица 1. Химический состав Экибастузского каменного угля, масс. %

| A ^c (%) | C | O ₂ | H ₂ | N ₂ | S | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O |
|--|-------|----------------|----------------|----------------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|
| 40 | 48,86 | 6,56 | 3,05 | 0,8 | 0,73 | 23,09 | 13,8 | 2,15 | 0,34 | 0,31 | 0,16 | 0,15 |
| Высшая теплота сгорания угля на сухую массу Q ^d =16632 кДж/кг, выход летучих V ^{dat} - 24%, влажность угля W ^w = 5.8%, A ^d – зольность на сухую массу угля | | | | | | | | | | | | |

На рисунке 3 показано изменение состава газовой фазы продуктов сгорания Экибастузского угля при $\alpha = 6$ в зависимости от температуры процесса. Видно, что процесс интенсивного окисления углерода и водорода наблюдается во всем исследованном интервале температур. Концентрации основных компонентов (CO₂, H₂O, N₂) практически не изменяются с ростом температуры. Поэтому критерием завершенности процесса горения угля определены допустимые экологические показатели, выбранные по

соответствующим определенной температуре концентрациям основных вредных выбросов: оксидов серы (SO_2) и азота (NO). При $\alpha = 6$ благоприятные экологические показатели достигаются при температуре 1300 К, обеспечивающей устойчивое воспламенение угля. При этой температуре концентрация SO_2 составляет 1370 мг/м^3 (670 ppm), а $\text{NO} - 2 \cdot 10^{-4} \text{ мг/м}^3$ ($8 \cdot 10^{-5} \text{ ppm}$), что меньше их предельно допустимых концентраций [9]. В дальнейшем сравнение различных вариантов расчета будет осуществляться для температуры 1300 К. Концентрация CO_2 составляет 16.96%, $\text{N}_2 - 74.61\%$, $\text{H}_2\text{O} - 6.4\%$. Концентрация монооксида углерода (CO) монотонно возрастает с температурой, достигая при 1300 К 1.52%. Концентрация водорода (H_2) после прохождения максимума при 700 К снижается, составляя 0.37% при 1300 К. Концентрация метана (CH_4) резко снижается с температурой, уменьшаясь до 0.01% при $T=750$ К. Концентрация сероводорода (H_2S) достигает максимума (0.07%) при $T=1180$ К. С увеличением температуры H_2S диссоциирует на H_2 и серу (S), которые в дальнейшем окисляются до H_2O и SO_2 , соответственно.

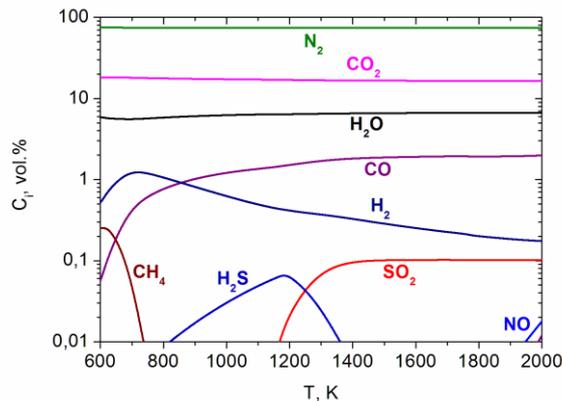


Рисунок 3 – Состав газовой фазы продуктов сгорания Экибастузского угля при $\alpha = 6$ в зависимости от температуры процесса

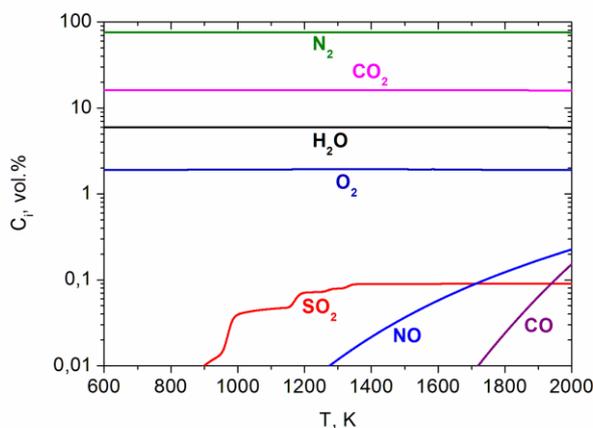


Рисунок 4 – Состав газовой фазы продуктов сгорания Экибастузского угля при $\alpha = 7$ в зависимости от температуры процесса

На рисунке 4 показано изменение состава газовой фазы продуктов сгорания угля при $\alpha = 7$ в зависимости от температуры процесса. Процесс

интенсивного окисления углерода и водорода наблюдается также во всем исследованном интервале температур. Концентрации основных компонентов (CO_2 , H_2O , O_2 , N_2) практически не изменяются с ростом температуры. При температуре 1300 К концентрация SO_2 составляет 1452 мг/м^3 (710 ppm), а NO – 119 мг/м^3 (58 ppm), что по нормативам вредных выбросов (SO_2 и NO) находится в пределах ПДК. В отличие от предыдущего варианта при $\alpha = 7$ в продуктах горения появляется свободный кислород (O_2) с концентрацией 1.94%. Концентрация CO_2 составляет 16.12%, N_2 – 75.87%, H_2O – 5.99%. CO появляется лишь при $T = 1700 \text{ К}$, монотонно возрастая с температурой до 0.15% при 2000 К.

На рисунке 5 показано изменение состава газовой фазы продуктов сгорания угля при $\alpha = 8$ в зависимости от температуры процесса. Процесс интенсивного окисления углерода и водорода наблюдается также во всем исследованном интервале температур. Концентрации основных компонентов (CO_2 , H_2O , O_2 , N_2) практически не изменяются с ростом температуры. При температуре 1300 К концентрация SO_2 составляет 1268 мг/м^3 (620 ppm), а NO – 177 мг/м^3 (87 ppm), что по SO_2 находится в пределах ПДК. Свободный кислород (O_2) с концентрацией 4.26%. Концентрация CO_2 составляет 14.17%, N_2 – 76.23%, H_2O – 5.27%. CO появляется лишь при $T = 1760 \text{ К}$, монотонно возрастая с температурой до 0.09% при 2000 К.

На рисунке 6 показано изменение состава газовой фазы продуктов сгорания угля при различных избытках воздуха. Процесс интенсивного окисления углерода и водорода наблюдается во всем исследованном диапазоне избытков воздуха. Концентрации основных компонентов (CO_2 , H_2O , N_2) изменяются незначительно. Максимальные концентрации CO_2 и H_2O достигаются при $\alpha = 7$ и составляют 16.12% и 5.99%, соответственно. Эти показатели соответствуют их оптимальным концентрациям при факельном сжигании энергетических углей.

Таким образом, выполненные расчеты показали, что для сжигания 1 кг угля требуется 7 кг воздуха, а следовательно для сжигания угля оптимальным коэффициентом избытка воздуха является $\alpha = 7$. В этой связи расчеты процесса совместного сжигания угля с ОВТД выполнены при $\alpha = 7$.

На рисунке 7 показано изменение состава газовой фазы продуктов сгорания угля с ОВТД в виде диизопропилового эфира ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$) в зависимости от температуры процесса. Так же как и при сжигании угля без ОВТД (рисунок 4), процесс горения углерода и водорода наблюдается во всем исследованном интервале температур. Концентрации основных компонентов (CO_2 , H_2O , O_2 , N_2) практически не изменяются с ростом температуры. При этом, значения концентраций, как основных компонентов, так и вредных выбросов для двух вариантов расчета различны. Так, при температуре 1300 К концентрация SO_2 составляет 1617 мг/м^3 (791 ppm), а NO – 231 мг/м^3 (113 ppm), что на 11 и 94% превышает значения таковых для варианта расчета без ОВТД. Тем не менее концентрации SO_2 и NO находятся в пределах ПДК. В продуктах горения имеется свободный кислород (O_2) с концентрацией 1.77%. Концентрация CO_2

составляет 16.22%, N_2 – 75.8%, H_2O – 6.12%. Отметим, что использование ОВТД приводит к незначительному повышению концентраций CO_2 и H_2O в продуктах сгорания угля. CO также появляется лишь при $T = 1700$ К, монотонно возрастая с температурой до 0.16% при 2000 К.

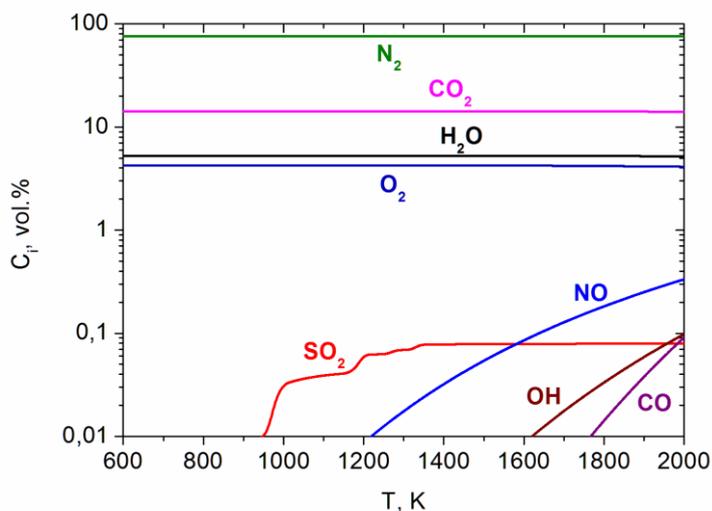


Рисунок 5 – Состав газовой фазы продуктов сгорания Экибастузского угля при $\alpha = 8$ в зависимости от температуры процесса

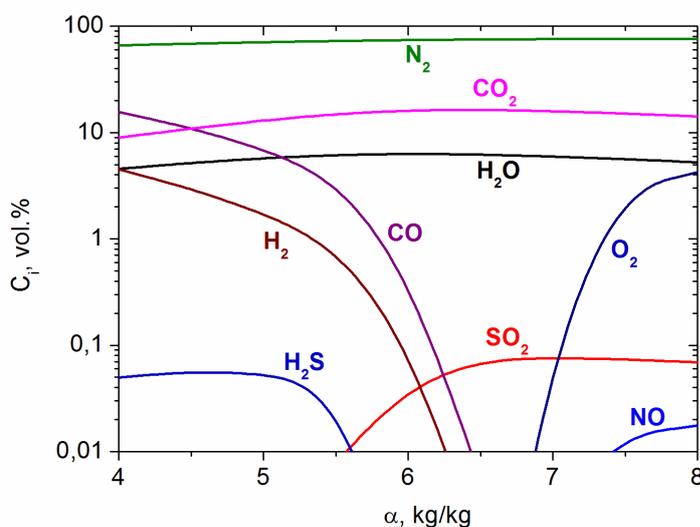


Рисунок 6 – Состав газовой фазы продуктов сгорания Экибастузского угля при $T = 1300$ К в зависимости от избытка воздуха

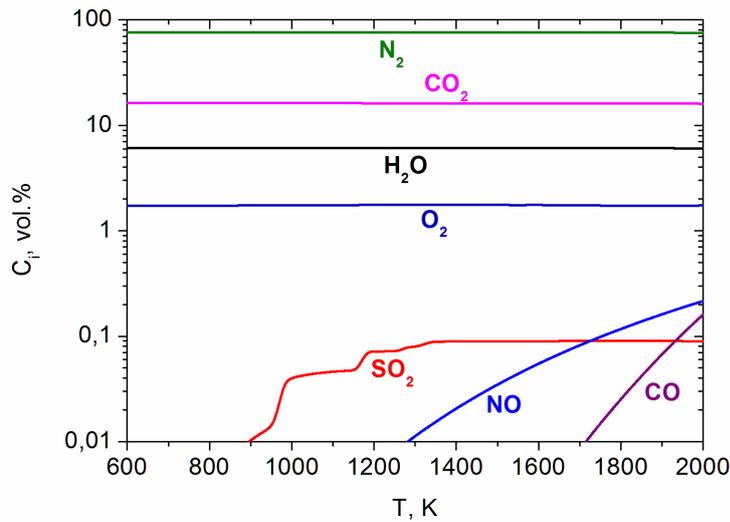


Рисунок 7 – Состав газовой фазы продуктов сгорания Экибастузского угля с добавкой диизопропилового эфира в зависимости от температуры процесса

На рисунке 8 обобщено влияние ОВТД на состав газовой фазы продуктов сгорания Экибастузского угля при температуре 1300 К в зависимости от разновидности добавляемых легких эфиров. Прослеживается тенденция повышения концентраций CO_2 , H_2O и соответствующего снижения концентраций O_2 и N_2 , что свидетельствует о некотором повышении полноты реакций окисления углерода и водорода. Существенно большее влияние использование ОВТД оказывает на выход вредных выбросов (SO_2 и NO). Для ОВТД диизопропиловый эфир достигается максимальный экологический эффект: концентрация SO_2 снижается на 11%, а NO – на 94%.

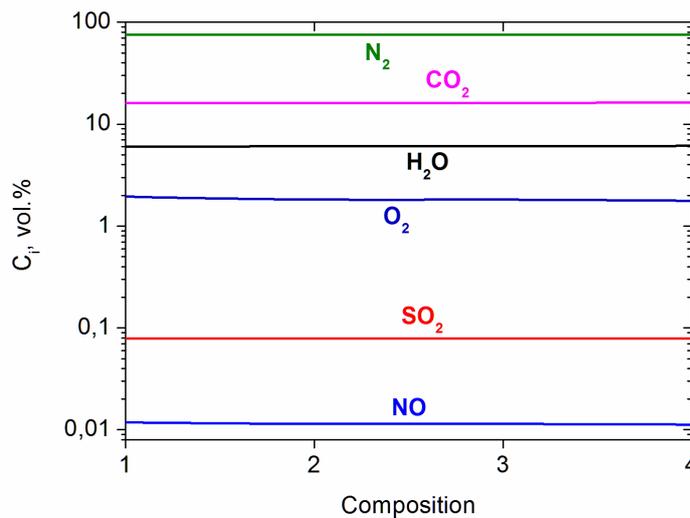


Рисунок 8 – Изменение состава газовой фазы продуктов сгорания

Экибастузского угля при температуре 1300 К в зависимости от разновидности добавляемого эфира: по оси абсцисс 1 – без добавки, 2 – добавка тетрагидрофурана ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$), 3 – добавка фурфурола ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$), 4 – добавка диизопропилового эфира ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$)

Для определения динамических характеристик процесса и геометрических параметров специализированной камеры сгорания с системой плазменного запуска необходимо проведение кинетических расчетов процесса сжигания Экибастузского каменного угля с ОВТД.

Кинетический расчет

Кинетические расчеты процесса сжигания Экибастузского каменного угля были выполнены с помощью компьютерной программы Plasma-Coal [8]. Основу программы Plasma-Coal составляет одномерная модель, описывающая двухфазный (угольные частицы и газ-окислитель) химически реагирующий поток, распространяющийся в реакторе с внутренним тепловым источником. Кинетическая схема процесса сжигания угля состоит из 116 реакций, включающих реакции выделения летучих веществ из угля, гетерогенные реакции газификации углерода водяным паром, кислородом и диоксидом углерода, и радикальные реакции превращения первичных продуктов газификации в газовой фазе.

Целью расчетов по программе Plasma-Coal было определение геометрических размеров специализированной камеры сгорания, а также температуры стенки камеры, при которой обеспечивается воспламенение и полное сжигание Экибастузского угля.

Результаты расчетов, выполненных при различных температурах стенки реактора, показали, что для обеспечения стабильного сгорания угля, температура стенки камеры сгорания должна составлять 1000 К. В расчетах было принято, что размер угольных частиц равен 75 мкм, что соответствует среднему размеру частиц пылеугольного топлива, сжигаемого на Алматинской ТЭЦ-3.

Внутренний диаметр камеры сгорания принят равным 0.2 м. В расчетах по кинетической модели коэффициент избытка воздуха равнялся 7, как было определено в выше приведенных термодинамических расчетах.

Как видно из рисунка 9, основными продуктами сжигания угля на выходе камеры сгорания (0.9 м) являются CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 , концентрации которых составляют 14.8%, 5.4%, 78.2%, 1.4%, соответственно. Расчет также показал, что температура газовой фазы на выходе камеры сгорания составляет 1263 К, а скорость продуктов сгорания – 2.54 м/с. При этом время пребывания реагирующих веществ в камере сгорания составляет 0.43 сек, а степень конверсии углерода угля достигает 100%. Достигнутые параметры показывают завершенность сгорания угля в камере сгорания высотой 0.9 м.

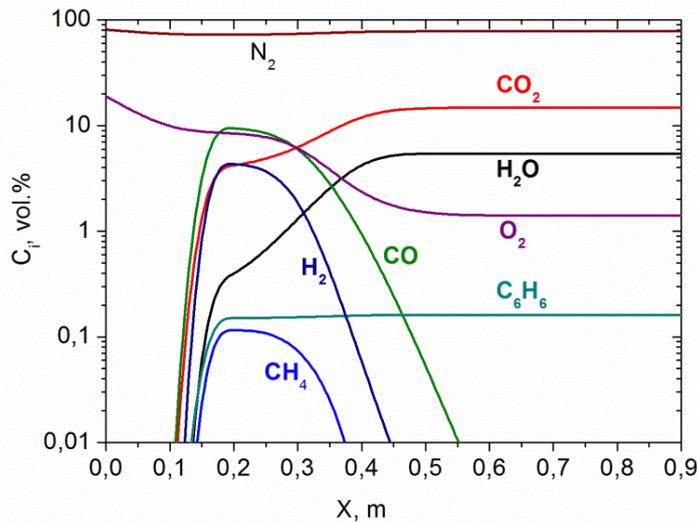


Рисунок 9 – Изменение состава газовой фазы продуктов сгорания

Экибастузского угля по высоте специализированной камеры сгорания

Результаты термодинамических и кинетических расчетов по воспламенению и сжиганию Экибастузского угля позволили спроектировать и создать экспериментальную установку.

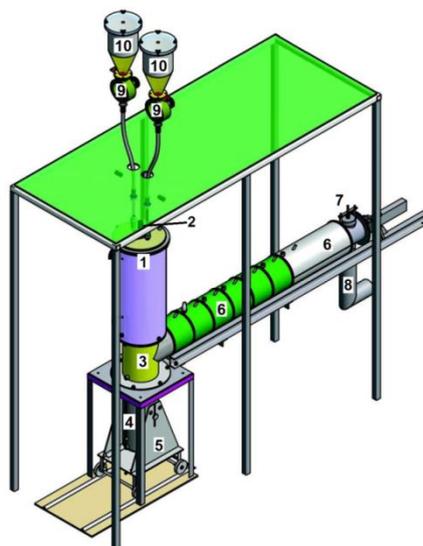
Для подтверждения выявленного выше положительного влияния ОВТД на процесс сжигания низкосортного энергетического угля была выполнена серия сравнительных экспериментов по совместному сжиганию угля с ОВТД и без нее.

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка по сжиганию угля (рисунки 10-13) представляет собой цилиндрический реактор с системами электро- водо- паро- газо- пылеснабжения. Установка включает в себя следующие основные узлы: реактор 1 (камера сгорания угля), плазмотрон 2, камеру разделения газа и шлака 3, шлакосборник 4, камеры окисления газа и его охлаждения 6, системы приготовления угольной пыли и его подачи 9, 10. Кроме того, для улавливания золы уносимой с газовым потоком, был использован тканевый фильтр. Внутри камера сгорания футерована огнеупорным кирпичом толщиной 0.06 м. Внутренний диаметр камеры составляет 0.2 м, а ее высота 0.9 м.

Для контроля работоспособности установки и определения интегральных показателей процесса таких, как среднемассовая температура, степень конверсии углерода угля, концентрации продуктов сгорания необходимы измерения составляющих материального и теплового баланса экспериментальной установки. Для контроля температуры внутри камеры сжигания использовались четыре термопары, расположенных по высоте стенки камеры. Для измерения температуры продуктов сгорания на выходе камеры использовался инфракрасный пирометр.

Нагрев стенок камеры осуществлялся с помощью электродугового плазмотрона, мощностью 100 кВт. При достижении температуры внутренних стенок камеры 900°C плазмотрон отключался и в камеру сгорания через верхние патрубки подавался уголь с расходом 10 кг/ч и воздух с расходом 70 кг/ч. Полученный в процессе твердый остаток удалялся в шлакоборник, а газообразные продукты через камеру охлаждения выводились в вентиляционную систему.



1 – камера сгорания; 2 – плазмотрон/подача воздуха; 3 – камера разделения газа и шлака; 4 – шлакоборник; 5 – подъемник шлакоборника; 6 – камера охлаждения отходящих газов; 7 – предохранительный клапан; 8 – камера вывода отходящих газов; 9 – пылепитатель; 10 – бункер угольной пыли

Рисунок 10 - Схема экспериментальной установки для сжигания угля



Рисунок 11 - Общий вид экспериментальной установки



Рисунок 12 - Плазмоторн с системами подачи угля и воздуха



Рисунок 13 - Камера сжигания (вид сверху)

Результаты и их обсуждения

В экспериментах была использована пыль Экибастузского каменного угля (Таблица 1). Отметим, что данный уголь является основным топливом Алматинских ТЭЦ. Предварительный рассев угольной пыли (рисунок 14) показал, что средний размер частиц пыли составляет 75 мкм, что соответствует остатку на сите $R_{90}=25\%$.

Для определения эффективности сжигания угля было проведено 28 наладочных экспериментов и 26 серийных сравнительных испытаний сжигания угля без использования ОВТД и с использованием ОВТД Omstar-DX1 и Open Flame с различным массовым отношением ОВТД : уголь (0 – 5 мл на 1 кг угля). ОВТД Omstar-DX1 и Open Flame представляют собой смеси легких эфиров [6]. Кроме того, в ходе экспериментов для измерения температуры стенок реактора измерялись следующие температуры: T_{wall}^2 – температура стенки, расположенной в зоне подачи угольной пыли и T_{wall}^1 – температура стенки, расположенной на выходе камеры.

В таблице 2 для сравнения приведены результаты испытаний сжигания Экибастузского угля без добавления ОВТД и с добавлением ОВТД Omstar-DX1. Как видно из таблицы, использование ОВТД повышает на 295 градусов

| | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|
| SO ₂ , мг/м ³ | 1109 | 1102 | 1050 |
| CO, мг/м ³ | 520 | 64 | 53 |
| CO ₂ , об.% | 11.9 | 13.7 | 15.9 |

Для контрольных испытаний была выбрана концентрация добавки Open Flame 2.5 мл на 1 кг угля (Таблица 4). В рамках проведенных испытаний сжигания низкосортного угля обе добавки показали примерно одинаковую эффективность. Степень конверсии углерода (Xc), характеризующая полноту выгорания угля, достаточно высокая при использовании обеих ОВТД. Xc варьируется в интервале 95.1 – 96.9 %. Выявлена тенденция увеличения степени конверсии угля с ростом концентрации ОВТД.

Таблица 4 - Результаты испытаний с ОВТД Open flame

| | | |
|--|------|------|
| Количество ОВТД, мл на 1 кг угля | 0 | 2.5 |
| Среднемассовая температура стенки на выходе камеры, °С | 1115 | 1140 |
| NO _x , мг/м ³ | 518 | 276 |
| SO ₂ , мг/м ³ | 1109 | 1106 |
| CO, мг/м ³ | 520 | 237 |
| CO ₂ , об.% | 11.9 | 13.6 |

Как видно из таблицы 5, обе ОВТД существенно повышают эффективность сжигания низкосортного угля: увеличивается температура факела и его яркость, снижаются выбросы CO, NO, SO₂ и повышается концентрация CO₂, что свидетельствует об увеличении полноты сгорания угля.

Таблица 5 - Основные показатели использования топливных добавок при сжигании Экибастузского угля

| | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Снижение NO _x на 47% | Снижение CO на 89% |
| Снижение SO ₂ на 5% | Увеличение CO ₂ на 25% |

Выводы

Термодинамические расчеты процесса сжигания Экибастузского угля показали, что для сжигания 1 кг угля требуется 7 кг воздуха. При использовании ОВТД прослеживается тенденция возрастания концентраций CO₂, H₂O и соответствующего снижения концентраций O₂ и N₂, что свидетельствует о некотором повышении полноты реакций окисления углерода и водорода.

ОВТД из легких эфиров оказывают существенное влияние на снижение концентрации вредных выбросов SO₂ и NO. Максимальный экологический эффект достигается для ОВТД диизопропиловый эфир: концентрация SO₂ снижается на 11%, а NO – на 94%.

Кинетические расчеты показали, что процесс сгорания Экибастузского угля полностью завершается в камере сгорания диаметром 0.2 и высотой 0.9 м.

В процессе испытаний была проведена серия из 52 экспериментов сжигания угля без использования ОВТД и с использованием ОВТД с различным массовым отношением ОВТД: уголь (0-5 мл на 1 кг угля). Эксперименты показали, что ОВТД повышают температуру факела на выходе камеры сгорания и на 1-2% снижают концентрацию несгоревшего углерода в золошлаковых продуктах сгорания.

Учитывая положительные результаты испытаний эффективности ОВТД при сжигании низкосортного высокозольного угля, целесообразно испытать их влияние при сжигании качественных углей в стендовых условиях, после чего перейти к промышленным испытаниям ОВТД в условиях тепловых электростанций.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан по программам целевого финансирования и проектам грантового финансирования (BR05236507, BR05236498, AP05130731 и AP05130031).

Список литературы

- 1 BP Energy Outlook 2035. February 2015. BP p.l.c., 2015. 98 p. <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-2035-booklet.pdf>
- 2 Key World Energy Statistics 2012: International Energy Agency. OECD/IEA, Paris, 2012. - 80 p. www.iea.org
- 3 Key World Energy Statistics 2011 Edition, International Energy Agency, OECD/IEA, Paris, 2011. - 80 p www.iea.org
- 4 <http://ect-center.com/blog/chem-razbavlyayut-benzin>
- 5 Мусабеков М.О., Мусабекова А.М. Оценка влияния спиртовых присадок на процессы термохимических превращений топлив в энергоустановках // Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации: материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых (19-20 июня, 2017, Астана, Казахстан). Под общ. ред. акад. Н.А. Абыкаева, Б.Т. Жумагулова. - Т.3. – Алматы, 2017. - С.257-258.
- 6 Morton Z. Fainman. Fuel Additive. USA Patent #4920691, May 1, 1990
- 7 Е. Дубровин, И. Дубровин. Использование присадок к угольному топливу // Газета "Энергетика и промышленность России". - № 21 (257) ноябрь 2014 года. - Новые технологии. <http://www.eprussia.ru/epr/257/16522.htm>
- 8 Gorokhovski M., Karpenko E.I., Lockwood F.C., Messerle V.E., Trusov V.G., Ustimenko A.V. Plasma Technologies for Solid Fuels: Experiment and Theory. J Energy Institute. 2005; 78 (4): 157-171.
- 9 Характеристика продуктов сгорания выбрасываемых котельными в атмосферу. Энциклопедия теплоснабжения. http://www.rosteplo.ru/w/%D0%A5%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%B2_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8

[F %D0%B2%D1%8B%D0%B1%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D1%85 %D0%BA%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8 %D0%B2 %D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D1%83](#)
[Accessed on 20 September 2018].

КӨМІР ЖАҒУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ОТЫН ҚОСПАЛАРЫ

Аңдатпа

Бұл мақалада жоғарыкүлділі энергетикалық көмірдің өрттеу тиімділігіне органикалық жоғарыреактивті жанармай қоспалардың әсері, соңымен қатар үрдістің экологиялық көрсеткіштерді қосқанда есептеу мен эксперименталды зерттеулердің нәтижелері көрсетілген. Қатты отындарды органикалық жоғарыреактивті жанармай қоспалармен (ОЖЖҚ) бірге өрттеудің технологиясын жасақтау және плазмалық іске қосу жүйесі бар арнайы жану камерасын құрастыру үшін техникалық шешім ұсынылған. Қатты отындарды ОЖЖҚ-мен біріккен өртеу үдерісінің термодинамикалық талдауы мен кинетикалық есептеулер орындалған, оның нәтижесінде үдерістің үйлесімді температуралар, ауаның артықтығы коэффициенті және арнайы жану камерасының геометриялық параметрлері анықталған. Екібастұз көмірдің өртеу үрдістің термодинамикалық есептеулер нәтижесінде 1 кг көмірді өртеу үшін 7 кг ауа қажет екенін көрсетті. ОЖЖҚ пайдалану кезінде көмірдің жану өнімдерінде CO_2 , H_2O жоғарылауы және сәйкесінше O_2 және N_2 концентрациясының төмендеуі анықталды, бұл көміртегі мен сутегінің тотығу реакциялардың толықтығын көрсетеді. Жеңіл эфирлерден тұратын ОЖЖҚ-ы зиянды SO_2 (11% төмендеуі) және NO (94% төмендеу) концентрациясын төмендетуге айтарлықтай ықпал етеді. Кинетикалық есептеулер Екібастұз көмірінің жану процесі (көмірдің шығыны 10 кг/сағ) диаметрі 0,2 және биіктігі 0,9 м жану камерасында толығымен аяқталғанын көрсетті. Арнайы жану камерасында органикалық жоғарыреактивті жанармай қоспалары және жоғарыкүлділі Екібастұз көмірді біріккен өртеудің 52 тәжірибе орындалған. Көмір шығыны 10 кг/сағ дейін және ауаның шығыны 70 кг/сағ дейін шығаратын жану камерасында жоғарыкүлділі тас көмірдің өртенуі есептеу және эксперименттік зерттеулер кешені жеңіл эфирлердің қоспасы болып табылатын Omstar-DX1 және Open Flame отын қоспаларының тиімділігін бағалауға мүмкіндік берді. Көмірді өртеудің салыстырмалы сынақтары орындалған, қоспасыз және қоспамен әртүрлі массалық қатынасы бойынша қоспа : көмір (1 кг көмірге 0-5 мл қоспа).

Түйінді сөздер: Көмір, жану, органикалық жоғарыреактивті жанармай қоспалар, есептеу, эксперимент.

FUEL ADDITIVES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF BURNING COAL

Abstract

This paper presents the results of computational and experimental studies of the effect of organic high-reactive fuel additives on the combustion efficiency of high-ash thermal coal, including the environmental indicators of the process. A technical solution is proposed for the development of the technology of co-combustion of solid fuels with organic highly reactive additives (OHRA) and the creation of a specialized combustion chamber with a plasma launch system. The thermodynamic analysis and kinetic calculation of the process of co-combustion of solid fuels with OHRA were performed, on the basis of which the optimum process temperatures, air excess factor

and geometric parameters of the combustion chamber were selected. Thermodynamic calculations of Ekibastuzski coal combustion showed that 7 kg of air is required for burning 1 kg of coal. With the use of OHRA, there was a tendency to increase the concentrations of CO₂, H₂O in the combustion products of coal and a corresponding decrease in the concentrations of O₂ and N₂, which indicates a slight increase in the completeness of the oxidation of carbon and hydrogen. OHRA from light ethers have a significant effect on reducing the concentration of harmful SO₂ emissions (a decrease of 11%), and NO (a decrease of 94%). Kinetic calculations showed that the combustion process of Ekibastuzski coal (coal consumption 10 kg/h) is fully completed in a combustion chamber with a diameter of 0.2 and a height of 0.9 m. A series of 52 experiments on the co-combustion of high-ash Ekibastuzski coal with organic highly reactive fuel additives in a specialized combustion chamber was carried out. A complex of numerical and experimental studies of the combustion of high-ash hard coal in the developed combustion chamber with coal consumption up to 10 kg/h and air up to 70 kg/h made it possible to evaluate the effectiveness of the additives Omstar-DX1 and Open Flame, which are a mixture of light esters. Comparative tests of burning coal without the use of additives and using additives with different weight ratios additive: coal (0-5 ml per 1 kg of coal) were performed.

Key words: Coal, combustion, organic high reactive fuel additives, computation, experiment.

МРНТИ: 47.01.91; 29.27.51

В.Е. Мессерле^{1,3}, А.Б. Устименко^{1,3}, К.А. Умбеткалиев^{1,3}, Р.В. Баймулдин³

¹РГП на ПВХ «Институт проблем горения», Алматы, Казахстан

² Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, Россия

³ ТОО «Плазматехника R&D», Институт экспериментальной и теоретической физики
Казахского Национального Университета им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА БИОМАССЫ

Аннотация

В настоящей статье представлены результаты термодинамического анализа и экспериментов по плазменной газификации биомассы на примере древесных отходов лесного хозяйства. Описана экспериментальная установка и методика экспериментов. Результаты экспериментов по газификации древесных отходов в воздушной плазме сравниваются с термодинамическими расчетами. Термодинамические расчеты плазменной газификации древесных отходов показали, что из них можно получать синтез-газ, пригодный для использования в теплоэнергетике, металлургии и химической промышленности. Воздушная газификация древесных отходов позволяет получать синтез-газ с выходом 71,6% (СО – 41,9%, Н₂ – 29,7%). Удельная теплота сгорания синтез-газа составляет 9450 кДж/кг. Расчетные параметры процесса газификации древесных отходов в воздухе были использованы для разработки экспериментальной плазменной установки. Эксперименты по плазменной газификации древесных отходов проводились на установке, состоящей из плазменного газификатора с производительностью по древесным отходам 50 кг/ч и высокоресурсного плазматрона постоянного тока номинальной мощностью 70 кВт. В результате плазменной газификации древесных отходов был получен синтез-газ с концентрацией 67,1% (СО – 42,0%, Н₂ – 25,1%). Измеренная температура в донной части плазменного газификатора составляла 1560 К. Под воздействием плазменно-воздушного факела среднemasсовая температура в газификаторе достигала 1600 К, органическая часть древесных отходов газифицировалась, а неорганическая часть (зола) накапливалась в зоне образования шлака газификатора и в рукавном фильтре (летучая зола). Полученный синтез-газ сжигался в циклонной камере сгорания. Продукты сгорания непрерывно выводились из установки через системы их охлаждения и очистки. Зола удалялась из газификатора после выключения плазматрона и охлаждения газификатора. Древесные отходы в виде брикетов общей массой 9,9 кг газифицировались в течение 25 минут. Расход древесных отходов составил 23,8 кг/ч. Расход воздуха через плазматрон составлял 23,6 кг/ч. Экспериментальные удельные энергозатраты на воздушную плазменную газификацию древесных отходов составили 1,53 кВт ч/кг. Расхождение между экспериментальными и расчетными данными по выходу синтез-газа составило не более 7%. Вредные примеси не были обнаружены ни в газе, ни в конденсированных продуктах газификации древесных отходов.

Ключевые слова: Биомасса, древесные отходы, плазма, газификация, плазмохимический реактора, синтез-газ, термодинамический анализ, эксперимент.

Введение

В своем развитии человечество достигло точки, когда осознание ограниченности природных ресурсов и необходимость принятия мер по сохранению окружающей среды слились с растущей проблемой утилизации бытовых и промышленных отходов и максимального использования

вторичного сырья и энергоресурсов. Из возобновляемых источников энергии наиболее важными для ежегодного увеличения их мощности являются твердые бытовые отходы (ТБО), отходы сельского и лесного хозяйства. Так, в мире уже накоплено более 2 млрд. тонн ТБО. В России ежегодно накапливается около 60 млн. тонн ТБО, из которых около 83% приходится на сектор жилищно-коммунального хозяйства, остальные 17% приходится на коммерческий сектор. По оценкам, ежегодные темпы роста отходов в ближайшие десять лет составят в среднем 3,4% и к 2025 году годовой прирост ТБО превысит 70 млн. тонн [1]. В настоящее время около 94% российских ТБО складироваются на полигонах и свалках, 4% - проходят промышленную переработку, и только 2% перерабатываются с использованием технологий термической обработки. В Казахстане уже накоплено 43 миллиарда тонн бытовых отходов. В то же время ежегодно производится более 5 миллионов тонн, из которых около 5% перерабатываются [2]. В мире ежегодно производится около 1 миллиарда тонн древесных отходов. Основная часть древесных отходов (80%) – древесина и продукты ее переработки (опилки, кора, древесная щепка). Мощность электростанций, работающих на древесных отходах, составляет 35 миллионов кВт. Так, в США 4% всей энергии производится из древесных отходов. Наиболее распространенной технологией переработки древесных отходов является их газификация [3, 4]. Из 1 кг древесных отходов можно получить около 2,5 м³ энергетического газа, основными горючими компонентами которого являются монооксид углерода (CO) и водород (H₂). В последнее время широко распространена плазменная газификация отходов [5 – 11]. Плазменная газификация отходов позволяет достигнуть максимального выхода синтез-газа (CO + H₂) за счет снижения концентрации балластирующих газов (CO₂ и N₂). Однако на постсоветских территориях отходы, в том числе древесные отходы, практически не используются и проблема их утилизации весьма актуальна.

Целью работы было проведение комплексных термодинамических и экспериментальных исследований плазменной переработки древесных отходов, сравнение расчетных и полученных экспериментальных данных, а также разработка технологических рекомендаций. В статье рассматриваются результаты термодинамического анализа получения высококалорийного топливного газа путем газификации древесных отходов в воздушной плазме. Также представлена экспериментальная установка и результаты экспериментов по плазменно-воздушной газификации древесных отходов в воздушной плазме сравниваются с термодинамическими расчетами.

Материалы и методы исследования

Для проведения термодинамического анализа плазменной газификации древесных отходов используется универсальная программа расчета многокомпонентных гетерогенных систем TERRA, которая отработана для высокотемпературных процессов. [12]. В отличие от традиционных в химической термодинамике методов расчета параметров равновесия с использованием энергии Гиббса, констант равновесия и закона действующих

масс Гульдберга и Вааге, универсальная программа термодинамических расчетов TERRA, базируется на принципе максимума энтропии для изолированных термодинамических систем, находящихся в состоянии равновесия. Методическую основу термодинамического расчета составляют фундаментальные законы термодинамики совместно с законами сохранения массы, энергии и электрического заряда. Это позволяет для закрытых термодинамических систем построить математическую модель для общего случая образования в равновесии газообразных и конденсированных веществ, электронейтральных и ионизированных компонентов. В общем случае исследуемая система является гетерогенной, состоит из нескольких разнородных фаз, отделенных видимыми границами, и все индивидуальные газообразные вещества входят в один состав газовой фазы. Конденсированные компоненты могут образовывать отдельные фазы. При этом присутствие газовой фазы считается обязательным для любой из рассматриваемых систем, в то время как конденсированные вещества могут отсутствовать. Равновесие подобных систем в соответствии со вторым началом термодинамики характеризуется максимумом энтропии относительно термодинамических степеней свободы, к числу которых относятся температура (T), давление (P) и концентрации компонентов равновесной смеси C_i . После достижения полного термодинамического равновесия фазовый и химический составы рассматриваемых систем должны быть однозначно связаны с остальными параметрами состояния (P , T , ρ , U) где ρ и U - соответственно плотность и внутренняя энергия системы. Программа TERRA обладает собственной базой термодинамических свойств индивидуальных веществ, которая постоянно пополняется и уточняется. В настоящее время в банке данных содержатся термодинамические функции для 3000 индивидуальных веществ в интервале температур 300 – 6000К.

Расчеты проводились в интервале температур 300 – 3000 К и давлении 0,1 МПа. Массовое отношение древесных отходов к воздуху в исходной технологической смеси при плазменно-воздушной газификации равнялось 1.

Характерный химический состав древесных отходов представлен следующими компонентами, массовые %: С – 49,88, О – 43,81, Н – 5,98, N – 0,10, SO_3 – 0,01, P_2O_5 – 0,02, Na_2O – 0,01, K_2O – 0,01, CaO – 0,12, MgO – 0,02, MnO – 0,01, Fe_2O_3 – 0,01, Al_2O_3 – 0,01, SiO_2 – 0,01. Органическая часть древесных отходов представлена углеродом, кислородом, водородом и серой с суммарной концентрацией 99,7%, тогда как минеральная часть составляет всего 0,3%

Экспериментальные исследования плазменно-воздушной газификации древесных отходов выполнялись на установке (рисунок 1), основными элементами которой являются плазменный реактор (рисунок 2) производительностью до 50 кг/ч и высокоресурсный плазмотрон постоянного тока номинальной мощностью 70 кВт [13]. Для повышения срока службы высокоресурсного плазмотрона был использован метод плазменного пиролиза углеводородных газов с последующим осаждением конденсированных

продуктов пиролиза на водоохлаждаемых медных электродах. Согласно этому способу пропанобутановую смесь подают в зону дугового разряда между катодом и анодом. В результате пиролиза в электродуговой зоне образуются пары углерода, которые конденсируются на водоохлаждаемых поверхностях катода и анода. Исследования конденсата методами электронной микроскопии и Раман-спектроскопии показали, что он состоит из композитного наноструктурированного углеродного материала, представляющего собой в основном одностенные и многослойные углеродные нанотрубки и другие углеродные формы с некоторым количеством атомов меди, интеркалированных в углеродную матрицу. Экспериментальное исследование высокоресурсного плазмотрона показало, что при его мощности 72,6 кВт ($I = 220$ А, $U = 330$ В) расход плазмообразующего воздуха составляет 250 л/мин, а расход пропанобутановой смеси – 1,8 л/мин. Температура на выходе из сопла (анода) плазмотрона составляла 5500 К (рисунок 2). При ресурсных испытаниях высокоресурсного плазмотрона в течение 1000 часов эрозия медных электродов не наблюдалась, так как истинные функции электрода выполнялись регенерируемым наноуглеродным покрытием медных электродов [14].

В состав экспериментальной установки (рисунок 1), за исключением плазмохимического реактора 4 и высокоресурсного плазмотрона 1, входят пульт управления мощностью плазмотрона с системами подачи плазмообразующего воздуха, защитного углеводородного газа и охлаждающей воды в реактор и плазмотрон, и очистки отходящих газов 7. Экспериментальная установка оснащена системой отбора проб газа и конденсированных продуктов процесса плазменной газификации древесных отходов для их анализа [15].

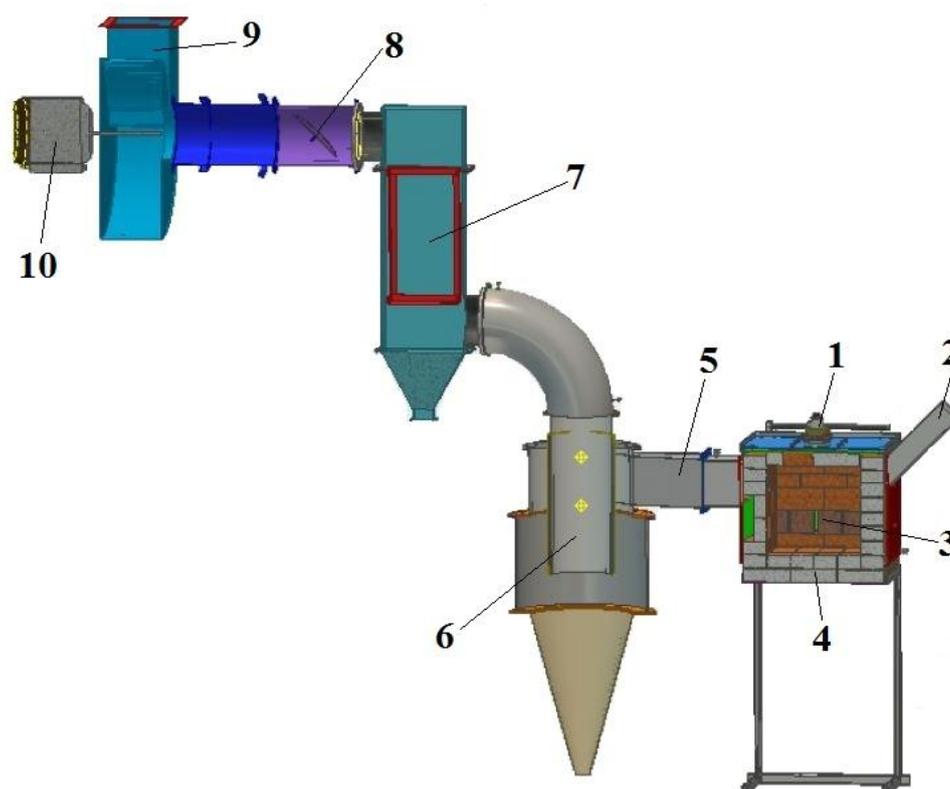


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки для плазменной газификации древесных отходов

1 – дуговой плазмотрон; 2 – труба для подачи брикетов с древесными отходами; 3 – зона газификации древесных отходов; 4 – плазмохимический реактор; 5 – камера вывода горючего газа из реактора; 6 – циклонная камера сгорания; 7 – блок очистки отходящих газов с рукавным фильтром; 8 – регулирующий клапан; 9 – вытяжной вентилятор; 10 - двигатель вытяжного вентилятора.

Плазмохимический реактор (рисунок 2) был разработан для плазменной газификации биомассы, включая древесные отходы. Реактор представляет собой водоохлаждаемый стальной куб, футерованный огнеупорными кирпичами толщиной 0,065 м. Внутренняя сторона реактора составляет 0,45 м. Рабочий объем реактора составляет 0,091 м³. Патрубок подачи брикетированных древесных отходов 2 может служить для измерения температуры внутри реактора с использованием инфракрасного пирометра. Пирометр Ircon Ultrimax Plus UX10P использовался для измерения температур от 600 до 3000°C (873-3273 K) с разрешением 1°C. Погрешность измерения зависит от температурного диапазона и составляет ± 0,5% от измеренного значения для температур до 1500°C (1773 K), ± 1% для диапазона температур 1500-2000°C (1773-2273 K), и возрастает до ± 2% для температур превышающих 2000°C (2273 K). Инфракрасный пирометр оснащен COM-портом для подключения к компьютеру, а температура может контролироваться протоколом RS-232C во время эксперимента, а ее значение передаваться в режиме он-лайн. Интервал замеров значения температуры составляет 0,5 с.

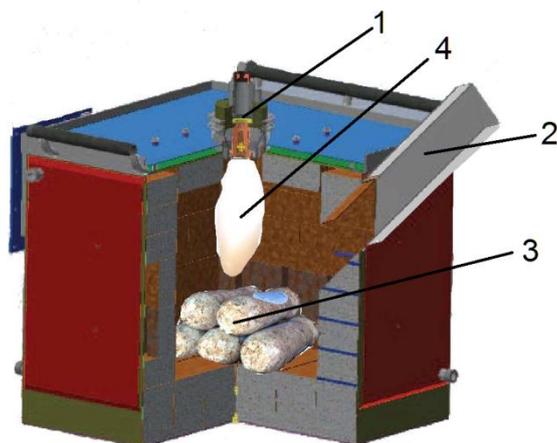


Рисунок 2 - Схема плазмохимического реактора

1 – электродуговой плазмотрон; 2 – патрубок для подачи брикетов с древесными отходами; 3 – брикеты с древесными отходами; 4 – плазменно-воздушный факел.

Результаты и их обсуждение

Целью **термодинамических расчетов** было определение интегральных параметров процесса плазменно-воздушной газификации древесных отходов: равновесный состав газовой фазы продуктов газификации, степень газификации углерода и удельные энергозатраты на процесс газификации.

На рисунке 3 показано изменение концентрации газообразных компонентов в зависимости от температуры плазменно-воздушной газификации древесных отходов. С ростом температуры выход синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$) возрастает до максимума при $T = 1600 \text{ K}$. Максимальная концентрация горючих компонентов синтез-газа достигает 71,6% ($\text{CO} - 41,9\%$, $\text{H}_2 - 29,7\%$). Следует отметить, что уже при температуре 1200 K суммарная концентрация синтез-газа составила 81,3%, что мало отличается от его максимального значения. Концентрация окислителей ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) при этих температурах не превышает 0,7%. С ростом температуры концентрация синтез-газа незначительно снижается из-за появления в газовой фазе атомарного водорода (H), концентрация которого достигает 7,8% ($T = 3000 \text{ K}$). Концентрация балластирующего азота (N_2) остается практически постоянной в диапазоне температур 1200 – 3000 K, составляя 27,8 – 26,7% соответственно. Концентрация метана (CH_4) резко снижается и при температуре 1200 K стремится к нулю.

Удельные энергозатраты на процесс плазменно-воздушной газификации (рисунок 5) определялись как разница между полной энтальпией при текущей температуре процесса и начальным ее значением при температуре 298 K, отнесенная к 1 кг рабочего тела (смесь древесных отходов и плазмообразующего воздуха). Удельные энергозатраты на процесс плазменно-воздушной газификации древесных отходов возрастают с температурой во всем расчетном диапазоне. При температур $T = 1600 \text{ K}$, при которой выход синтез-газа достигает своего максимума (рисунок 3), удельные энергозатраты на плазменно-воздушную газификацию древесных отходов составляют 1,25 кВт

ч/кг. Такие умеренные энергозатраты на плазменно-воздушную газификацию древесных отходов связаны с компенсацией эндотермического эффекта за счет теплоты реакций окисления углерода кислородом воздуха.

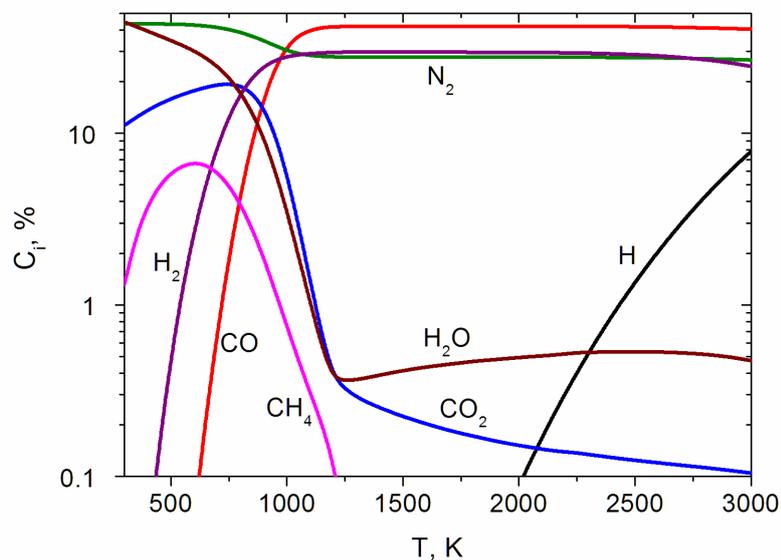


Рисунок 3 - Изменение концентрации газообразных компонентов в зависимости от температуры воздушной газификации древесных отходов.

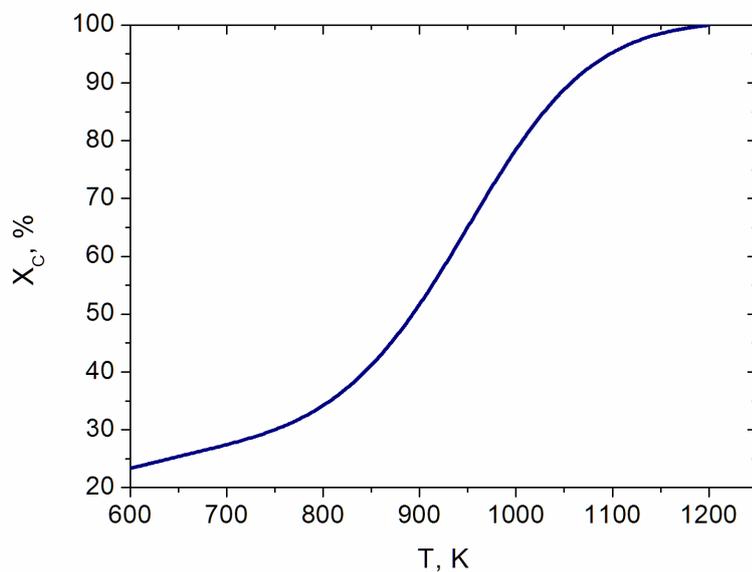


Рисунок 4 - Зависимость степени газификации углерода от температуры газификации древесных отходов.

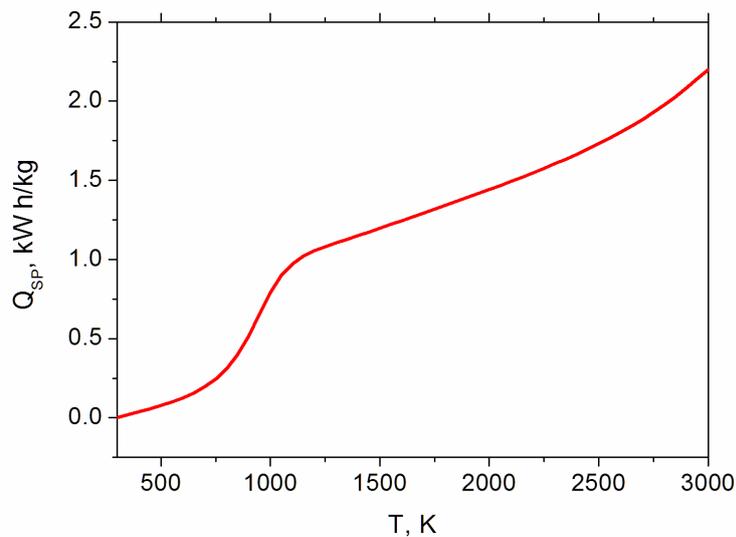


Рисунок 5 - Удельные энергозатраты на процесс плазменно-воздушной газификации древесных отходов в зависимости от температуры.

Найденные параметры и выявленные закономерности процесса плазменно-воздушной газификации древесных отходов были использованы для разработки экспериментальной установки.

Экспериментальные исследования процесса плазменной газификации древесных отходов осуществлялись следующим образом. После запуска плазмотрона 1 и нагрева внутренней поверхности донной части реактора 4 до температуры 1215 К (около 15 минут) брикеты древесных отходов через патрубок 2 подаются в зону газификации 3 (рисунок 1). Масса каждого брикета составляет 0,33 кг. Для подачи 5 брикетов требуется две минуты. Древесные отходы нагреваются и газифицируются в факеле воздушной плазмы, обеспечивающим среднюю температуру в объеме реактора 1600 К. Газообразные продукты выводятся из реактора в циклонную камеру сгорания 6, а конденсированные продукты накапливаются в донной части плазмохимического реактора. Совмещение зон тепловыделения от плазменного факела и теплопоглощения при газификации древесных отходов 3 приводит к интенсификации процесса переработки древесных отходов. Охлажденные газообразные продукты поступают в блок очистки отходящих газов с рукавным фильтром 7, после чего через систему отбора проб газа подается в газоанализатор. Вентиляционная система 9, включающая регулирующий клапан 8, обеспечивает разряжение в реакторе до 10 мм водяного столба, что исключает поступление продуктов газификации в рабочее помещение.

На рисунке 6 показан плазмохимический реактор с поднятой крышкой и плазменным факелом на выходе плазмотрона. В результате плазменной газификации древесных отходов был получен синтез-газ. На рисунке 7 показан факел горящего газа на выходе из патрубка 2, при кратковременном

отключении системы вентиляции установки. Видно, что полученный горючий газ интенсивно воспламеняется на воздухе. Измеренная температура факела составляла 1600 К. Во время эксперимента горючий газ выводился через систему вентиляции. Измеренная температура в донной части реактора составляла 1560 К. Под воздействием плазменно-воздушного факела среднемаховая температура в реакторе достигала 1600 К. При этой температуре органическая часть древесных отходов газифицировалась, а неорганическая часть (зола) накапливалась в зоне образования шлака (рисунок 8) и в рукавном фильтре 7 (рисунок 1). Полученный синтез-газ сжигался в циклонной камере сгорания 6 (рисунок 1). Продукты сгорания непрерывно выводились из установки через системы охлаждения и очистки отходящих газов. Зола удалялась из донной части реактора после выключения плазмотрона и охлаждения реактора. Плазмотрон отключали через 25 минут после загрузки первого брикета древесных отходов. 30 брикетов общей массой 9,9 кг газифицировали в течение этого периода времени. Производительность реактора по древесным отходам составила 23,8 кг/ч. Расход плазмообразующего воздуха через реактор составил 23,6 кг/ч.

По результатам экспериментальных исследований плазменной газификации древесных отходов были определены рабочие параметры реактора, проведен анализ отходящих газов, отобраны пробы конденсированных продуктов из зоны образования шлака реактора и определено остаточное содержание углерода в шлаке. Анализ газа, выполненный на газовом хроматографе SRI 8610С, показал следующий его состав на выходе из блока очистки отходящих газов 7, %: CO – 42,0, H₂ – 25,1, N₂ – 32,9. Удельная теплота сгорания синтез-газа, образующегося при плазменно-воздушной газификации древесных отходов, составляет 9450 кДж/кг. Суммарная концентрация синтез-газа достигала 67,1%, что хорошо согласуется с термодинамическими расчетами. Расчетный выход синтез-газа при 1600 К составлял 71,6% (CO – 41,9%, H₂ – 29,7%). Таким образом, расхождение между экспериментом и расчетом по выходу целевого продукта, синтез-газа, не превышало 6%. Расчетная концентрация молекулярного азота (N₂) составляла 27,8%. Расхождение по концентрации молекулярного азота не превышало 16%. Это различие может быть связано с неуправляемым разбавлением отходящих газов за счет присосов окружающего воздуха в работающей под разрежением экспериментальной установке.



Рисунок 6 - Фотография работающего плазмотрона в плазмохимическом реакторе с поднятой крышкой.



Рисунок 7 - Фотография факела горючего газа на выходе из патрубка для подачи брикетов древесных отходов.

После газификации 9,9 кг древесных отходов из донной части реактора было собрано 0,013 кг золы (рисунок 8). Это количество золы составляет около 0,2% от исходного количества древесных отходов. Остаточная летучая зола (0,1% золы) выводилась отходящими газами. Измеренный с помощью объемного расходомера поток отходящих газов составлял 48,3 кг/ч. Расхождение между экспериментальным и расчетным значениями расхода составляет 2%.



Рисунок 8 - Фотография донной части реактора с расплавом минеральной части древесных отходов после выключения плазмотрона.

Как в расчетах, так и в экспериментах вредных примесей в продуктах плазменно-воздушной газификации древесных отходов обнаружено не было. Содержание остаточного углерода в пробе шлака составляло 1,13 мас.%, что соответствовало степени газификации углерода древесных отходов 96,6%. Анализ на содержание остаточного углерода был выполнен с использованием абсорбционно-гравиметрического метода. Расхождение между экспериментальными и расчетными значениями степени газификации углерода не превышало 3,5%.

Удельные энергозатраты на процесс газификации древесных отходов в плазмохимическом реакторе по результатам экспериментов составили 1,53 кВт ч/кг. В расчете удельные энергозатраты на процесс плазменно-воздушной газификации древесных отходов составляли 1,25 кВт ч/кг (рисунок 5). Расхождение между расчетными и экспериментальными значениями удельных энергозатрат на процесс газификации составляет 18%. Это связано с тем, что при определении экспериментальных значений удельных энергозатрат не учитывался тепловой КПД плазмотрона, тогда как в изолированных термодинамических системах удельные энергозатраты на процесс определяются без учета обмена теплом и работой с окружающей средой. На практике сам плазменный реактор и плазмотрон характеризуются заметными потерями тепла в окружающую среду с охлаждающей водой.

Выводы

Термодинамические расчеты показали, что максимальный выход синтез-газа при плазменно-воздушной газификации древесных отходов достигается при температуре 1600 К.

При плазменно-воздушной газификации древесных отходов может быть получен синтез-газ с концентрацией 71,6% ($\text{CO} - 41,9\%$, $\text{H}_2 - 29,7\%$). Удельная теплота сгорания такого синтез-газа составляет 9450 кДж/кг.

При оптимальной температуре (1600 К) расчетные удельные энергозатраты на процесс плазменно-воздушной газификации древесных отходов составляют 1,53 кВт ч/кг.

Найденные параметры и обнаруженные закономерности процесса плазменно-воздушной газификации древесных отходов были использованы для проектирования экспериментальной плазменной установки.

В экспериментах получен синтез-газ с концентрацией 67,1% (CO – 42,0%, H₂ – 25,1%). Удельная теплота сгорания синтез-газа составила 9260 кДж/кг.

Содержание остаточного углерода в пробе шлака составляло 1,13 мас.%, что соответствовало степени газификации углерода древесных отходов 96,6%.

Сравнение экспериментальных результатов и расчетов показало хорошее согласие.

Как в расчетах, так и в экспериментах вредных примесей в продуктах плазменно-воздушной газификации древесных отходов обнаружено не было.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан по программам целевого финансирования и проектам грантового финансирования (BR05236507, BR05236498, AP05130731 и AP05130031).

Список литературы

1. Никопаев Б. Как России избавиться от мусора. // Независимая газета - Энергия, 11.04.2017. http://www.ng.ru/energy/2017-04-11/11_6971_musor.html
2. Салим Сакенов. Проблема ТБО будет решена... // Газета «Курсив». - 2017. - <https://kursiv.kz/news/otraslevye-temy/2017-11/problema-tbo-budet-reshena>.
3. I. Karp, K. Pyanykh, A. Yudin. Biomass: Combustion and Gasification for Substitution of Natural Gas // *Industrial Heating*, 2013. - P. 39-42.
4. R. Mourão, A.R. Marquesi, A.V. Gorbunov, G.P. Filho, A.A. Halinouski, C. Otani. Thermochemical Assessment of Gasification Process Efficiency of Biofuels Industry Waste with Different Plasma Oxidants // *IEEE T Plasma Sci*, 2015. - Vol.43, No.10. - P.3760-3767.
5. V.A. Zhovtyansky, S.V. Petrov, Yu.I. Lelyukh, I.O. Nevzglyad, Yu.A. Goncharuk. Efficiency of Renewable Organic Raw Materials Conversion Using Plasma Technology. // *IEEE T Plasma Sci*, 2013. - Vol.41, No.12. - P. 3233-3239.
6. A.N. Bratsev, V.E. Popov, A.F. Rutberg, S.V. Shtengel'. A facility for plasma gasification of waste of various types // *High Temp+*, 2006. - Vol.44, No.6. - P. 823-828.
7. A.S. An'shakov, V.A. Faleev, A.A. Danilenko, E.K. Urbakh, A.E. Urbakh. Investigation of plasma gasification of carbonaceous technogeneous wastes. // *Thermophysics and Aeromechanics*, 2007. - Vol.14, No.4. - P. 607–616.
8. J. Heberlein, A.B. Murphy. Topical review: Thermal plasma waste treatment // *J Phys D Appl Phys*, 2008. - Vol.41, No.5. - P. 053001 (20 p).
9. Youngchul Byun, Moohyun Cho, Soon-Mo Hwang, Jaewoo Chung. Thermal Plasma Gasification of Municipal Solid Waste (MSW), Gasification for Practical Applications, Dr. Yongseung Yun (Ed.)', 2012. - ISBN: 978-953-51-0818-4, InTech,

DOI: 10.5772/48537. Available from: <http://www.intechopen.com/books/gasification-for-practical-applications/thermal-plasma-gasification-of-municipal-solid-waste-msw>, 2012. - P. 183–210.

10. I.B. Matveev, S.I. Serbin, N.V. Washchilenko. Plasma-Assisted Treatment of Sewage Sludge // IEEE T Plasma Sci, 2016. - Vol. 44, No. 12. - P. 2960-2964.

11. Q. Zhang, L. Dor, D. Fenigshtein, W. Yang, W. Blasiak. Gasification of Municipal Solid Waste in the Plasma Gasification Melting Process // Appl Energ, 2012. - Vol.90. - P. 106–112.

12. M. Gorokhovski, E.I. Karpenko, F.C. Lockwood, V.E. Messerle, B.G. Trusov, A.B. Ustimenko. Plasma Technologies for Solid Fuels: Experiment and Theory // Journal of the Energy Institute, 2005. - Vol.78, No.4. - P. 157-171.

13. V.I. Golish, E.I. Karpenko, V.G. Luk'yashchenko, V.E. Messerle, A.B. Ustimenko, V.Zh. Ushanov. Long-Service-Life Plasma Arc Torch // High Energ Chem+, 2009. - Vol.43, No.4. - P. 318–323.

14. A.M. Il'in, V.E. Messerle, A.B. Ustimenko. The Formation of Carbon Nanotubes on Copper Electrodes under the Arc Discharge Conditions // High Energ Chem+, 2010. Vol. 44, No.4. - P. 326–331.

15. V.E. Messerle, A.L. Mosse, A.B. Ustimenko. Municipal Solid Waste Plasma Processing: Thermodynamic Computation and Experiment // IEEE T Plasma Sci, 2016. - Vol.44, No.12. - P. 3017-3022.

БИОМАССАНЫ ПЛАЗМОХИМИЯЛЫҚ ҚАЙТА ӨНДЕУ

Аңдатпа

Бұл мақалада орман шаруашылығының қалдықтар мысал ретінде биомассаны плазмалық газификация бойынша термодинамикалық талдауы және эксперименттердің нәтижелері келтірілген. Эксперименттік қондырғысы және эксперименттік әдістемесі келтірілген. Ауа плазмасында ағаш қалдықтарының газификациялау бойынша эксперименттердің нәтижелері термодинамикалық есептеулермен салыстырылған. Ағаш қалдықтарды плазмалық газификациялаудың термодинамикалық есептеулері жылу энергетика, металлургия мен химия өнеркәсібінде пайдалануға болатын синтез-газды алуға болатындығын көрсетті. Ағаш қалдықтарды ауа газификациясы орындалған кезде 71,6 % құрайтын (CO - 41,9%, H_2 - 29,7%) синтез-газды алуға мүмкіндік береді. Синтез-газдың меншікті жану жылуы 9450 кДж/кг құрайды. Эксперименталды плазмалық қондырғыларды жасау үшін ауада ағаш қалдықтарды газификациялау үрдісті жобалау параметрлері пайдаланылды. Ағаш қалдықтарды плазмалық газификациялауға арналған эксперименттер шығымы 50 кг/сағ ағаш қалдықтары және 70 кВт номиналды қуатты тұрақты тоқты жоғары ресурсты плазмотроннан тұратын плазмалық газификаторында жүргізілді. Ағаш қалдықтарды плазмалық газификациялау нәтижесінде 67,1% (CO - 42,0%, H_2 - 25,1%) концентрациясы бар синтез-газ алынды. Плазма газификаторының төменгі бөлігінде өлшенген температура 1560 К құрады. Газификатордағы орташа-массалық температурасы 1600 К құрайды, ағаш қалдықтарының органикалық бөлігі газификацияланады, ал бейорганикалық бөлігі (күл) газификатордың шлак түзілетін аймағында және қол тәрізді фильтрде (ұшқыш күл) жиналады. Алынған синтез-газ циклон тәрізді жану камерасында өртелінді. Жану өнімдері зауыттың салқындату және тазалау жүйелері арқылы үнемі жойылады. Плазмотрон өшіргеннен кейін және газификатор

салқындатылғаннан кейін күл алынады. Жалпы салмағы 9,9 кг құрайтын брикет тәрізді ағаш қалдықтары 25 минут бойы газификациялауға жіберілді. Ағаш қалдықтарының шығыны 23,8 кг/сағ құрады. Плазматрон арқылы ауа ағымы 23,6 кг/сағ құрады. Ағаш қалдықтарының ауа плазмалық газификациялау үшін эксперименттік меншікті энергия шығыны 1,53 кВт·сағ/кг құрады. Синтез-газдың шығыны бойынша эксперименттік және есептеу нәтижелері бойынша айырмашылығы 7%-дан аспайды. Газда да немесе ағаш қалдықтарының газификациялаудың конденсірілген өнімдерінде де зиянды қоспалар анықталған жоқ.

Түйінді сөздер: Биомасса, ағаш қалдықтары, плазма, газификация, плазмохимиялық реактор, синтез-газ, термодинамикалық талдау, эксперимент.

PLASMA CHEMICAL PROCESSING OF BIOMASS

Abstract

This article presents the results of thermodynamic analysis and experiments on plasma gasification of biomass using wood waste as an example. An experimental setup and experimental technique is described. The results of experiments on the gasification of wood waste in air plasma are compared with thermodynamic calculations. Thermodynamic calculations of plasma gasification of wood waste have shown that it is possible to produce synthesis gas from them, suitable for use in heat and power, metallurgy and chemical industries. Air gasification of wood waste makes it possible to produce synthesis gas with a yield of 71.6% (CO – 41,9%, H₂ – 29,7%). The specific heat of combustion of synthesis gas is 9450 kJ/kg. Numerically gotten parameters of the process of gasification of wood waste were used to develop an experimental plasma installation. Experiments on plasma gasification of wood waste were carried out on the installation consisting of a plasma chemical gasifier with a wood waste consumption of 50 kg/h and a long-life direct-current plasma torch with a nominal power of 70 kW. As a result of plasma gasification of wood waste, synthesis gas with a concentration of 67.1% (CO – 42,0%, H₂ – 25,1%) was obtained. The measured temperature at the bottom of the plasma gasifier was 1560 K. Under the influence of a plasma-air flame, the mass-average temperature in the gasifier reached 1600 K, the organic part of wood waste was gasified, and the inorganic part (ash) was accumulated in the zone of formation of the gasifier slag and in a bag filter (fly ash). The resulting synthesis gas was burned in a combustion cyclone chamber. Combustion products were continuously removed from the setup through their cooling and cleaning systems. The ash was removed from the gasifier after turning off the plasma torch and cooling the gasifier. Wood waste in the form of briquettes with a total weight of 9.9 kg was gasified for 25 minutes. Wood waste consumption was 23.8 kg/h. Air flow through the plasma torch was 23.6 kg/h. Experimental specific energy consumption for air plasma gasification of wood waste was 1.53 kWh/kg. The discrepancy between the experimental and calculated data on the synthesis gas yield was no more than 7%. No harmful impurities were detected either in the gas or in the condensed gasification products of wood waste.

Key words: Biomass, wood waste, plasma, gasification, plasma chemical reactor, synthesis gas, thermodynamic analysis, experiment.

МАЗМУНЫ

| | |
|---|----|
| С.А. Кешуов, В.А. Голиков Проблемы технического обеспечения агропромышленного комплекса республики Казахстан | 6 |
| Р.А. Омаров, Д.Р. Омар, С.Т. Демесова Мал шаруашылығы фермасы үшін энергия үнемдеу жүйесі | 10 |
| А.П. Кошик, Н. Г. Иванова Ауыл шаруашылық техниканың жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін жабдық құрамын негіздеуіне | 19 |
| А.Н. Алтыбаев, Б.С. Арынгазиев, Е.В. Найденко, А.А. Куандыков Етті ірі қара мал шаруашылығында RFID-технологияларын қолдану мәселесі | 28 |
| В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко Көмір жағу тиімділігін арттыру үшін отын қоспалары | 43 |
| В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко, К.А. Умбеткалиев, Р.В. Баймулдин Биомассаны плазмохимиялық қайта өңдеу | 60 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| С.А. Кешуов, В.А. Голиков Проблемы технического обеспечения агропромышленного комплекса республики Казахстан | 6 |
| Р.А. Омаров, Д.Р. Омар, С.Т. Демесова Энергосберегающая система для животноводческой фермы | 10 |
| А.П. Кошик, Н. Г. Иванова К обоснованию состава оборудования для обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники | 19 |
| А.Н. Алтыбаев, Б.С. Арынгазиев, Е.В. Найденко, А.А. Куандыков ¹ К вопросу применения RFID-технологий в мясном скотоводстве | 28 |
| В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко Топливные добавки для повышения эффективности сжигания угля | 43 |
| В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко, К.А. Умбеткалиев, Р.В. Баймулдин Плазмохимическая переработка биомассы | 60 |

CONTENTS

| | |
|---|----|
| С.А. Кешуов, В.А. Голиков The problems of technical support agroindustrial complexrepublic of Kazakhstan | 6 |
| Р.А. Омаров, Д.Р. Омар, С.Т. Демесова Results of tests of multizonal system of use of renewable sources energies | 10 |
| А.П. Кошик, Н. Г. Иванова The substantiation of structure of the equipment to ensure efficiency of agricultural machinery | 19 |
| А.Н. Алтыбаев, Б.С. Арынгазиев, Е.В. Найденко, А.А. Куандыков To the question of application of rfid technologiesin meat cattle | 28 |
| В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко Fuel additives to improve the efficiency of burning coal | 43 |
| В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко, К.А. Умбеткалиев, Р.В. Баймулдин Plasma chemical processing of biomass | 60 |

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АГРОИНЖЕНЕРИЯ
Ғылыми-техникалық журнал

МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРОИНЖЕНЕРИЯ
Научно-технический журнал

INTERNATIONAL AGROENGINEERING
Scientific-technical journal

4(28)/2018

**Журнал зарегистрирован Министерством культуры и информации
Республики Казахстан Свидетельство №11827-Ж**

**Подписано в печать 03.09.2017 г. Формат 60x84 1/8.
Печать цифровая. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 10,25. Тираж 100 экз.**

**г. Алматы, ул. Макатаева 127/3, офис №2 (уг ул. Байтурсынова)
раб. +7 (727) 328-95-95, сот. +7 (702) 333-02-05
everest_print@mail.ru**