СибАК
www.sibac.info

ISSN 2310-4066

CVI СТУДЕНЧЕСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

№10(105)

НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

г. НОВОСИБИРСК, 2021

СибАК
www.sibac.info

НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Электронный сборник статей по материалам CVI студенческой международной научно-практической конференции

№ 10 (105)
Октябрь 2021 г.

Издается с Октября 2012 года

Новосибирск
2021

УДК 62
ББК 30
Н34

Председатель редколлегии:
Дмитриева Наталья Витальевна – д-р психол. наук, канд. мед. наук, проф., академик Международной академии наук педагогического образования, врач-психотерапевт, член профессиональной психотерапевтической лиги.

Редакционная коллегия:
Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка;
Ахметов Сайранбек Махсутович – д-р техн. наук, проф., академик Национальной инженерной академии РК и РАЕН, профессор кафедры «Механика» Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, руководитель Казахского отделения (г. Астана) международной научной школы устойчивого развития им. ак. П.Г. Кузнецова;
Елисеев Дмитрий Викторович – канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков».

Н34 **«Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки»:** Электронный сборник статей по материалам CVI студенческой международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд. ООО «СибАК». – 2021. – № 10(105) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: https://sibac.info/archive/technic/10(105).pdf

Электронный сборник статей по материалам CVI студенческой международной научно-практической конференции «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

Статьи сборника «Научное сообщество студентов. Технические науки» размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ББК 30

ISSN 2310-4066
© ООО «СибАК», 2021 г.

Оглавление

Секция «Архитектура, строительство» 7

АНАЛИЗ СПОСОБОВ МОНТАЖА ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ КАМА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН 7
Ахметов Адель Альвирович
Абдуллина Лилиана Рамилевна
Галиев Айдар Радикович
Петропавловских Ольга Константиновна

Секция «Информационные технологии» 13

СПОСОБЫ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЗАМКНУТОЙ ЭКОСИСТЕМОЙ 13
Завадская Ольга Ивановна

Секция «Космос, авиация» 18

ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЖИДКОСТНО-ВОЗДУШНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ (ЖВРД) 18
Каушан Николай Владимирович

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЖИЖЕННЫХ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ В КАЧЕСТВЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ГОРЮЧЕГО 23
Каушан Николай Владимирович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ 27
Каушан Николай Владимирович

СПОСОБЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ЖРД) 31
Каушан Николай Владимирович

КИСЛОРОДНО-МЕТАНОВОЕ ТОПЛИВО В ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ МАЛОЙ ТЯГИ 34
Каушан Николай Владимирович

СОЗДАНИЕ РАКЕТЫ НОСИТЕЛЯ СРЕДНЕГО КЛАССА С ЖРД КАК БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ В РАКЕТОСТРОЕНИИ 38
Каушан Николай Владимирович

Секция «Машиностроение» **43**

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС МАЛОАМПЕРНОЙ ДУГИ С НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ 43
Кочкалов Алексей Дмитриевич
Фегай Владимир Юрьеввич
Копыльченко Даниил Евгеньевич
Ищанов Арман Куанович
Муругов Дмитрий Александрович
Полесский Олег Александрович
Чудин Артем Алексеевич
Красиков Павел Павлович
Савинов Александр Васильевич

Секция «Нанотехнологии» **52**

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 52
Шумарина Наталья Евгеньевна
Батракевич Егор Матвеевич
Шуркина Валентина Ивановна

Секция «Технологии» **58**

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗМОЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАРНИТУРЫ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМОЙ НОЖЕЙ 58
Батракевич Егор Матвеевич
Шумарина Наталья Евгеньевна
Шуркина Валентина Ивановна

ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ГРП В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ 64
Лучкин Максим Алексеевич
Коровин Константин Владимирович

БУДУЩЕЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: РЕЦИКЛИНГ 67
Слизикова Елена Александровна
Шуркина Валентина Ивановна

Секция «Энергетика» **72**

ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 72
Артене Юлиан Федорович
Зайцева Нина Ефимовна

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ 77
Бабичев Роман Геннадьевич
Пушкин Сергей Витальевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕЙ И ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА 82
Бердянова Татьяна Ивановна
Горбатовский Дмитрий Викторович

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ СОБСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА 87
Гаранин Александр Владимирович
Федосова Таисия Юрьевна

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 92
Горбатовский Дмитрий Викторович
Беззубенков Дмитрий Владимирович

ОБОСНОВАНИЕ НАЗРЕВШЕЙ НЕОБХОДИМОСТИ СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ В БОЛЬШОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ 97
Дюндина Екатерина Валерьевна
Никандров Александр Николаевич

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ 103
Макаренков Сергей Александрович
Зайцева Нина Ефимовна

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛОЙ КОГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЗОН 108
Малахов Олег Владимирович
Федосова Таисия Юрьевна

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ 113
Могилев Виталий Викторович
Поздняков Игорь Анатольевич

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ 118
Новикова Екатерина Георгиевна
Михралиев Малик Навиманович

КОМБИНИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ 123
Новикова Екатерина Георгиевна
Коваленко Валерий Александрович

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ 128
Новикова Екатерина Георгиевна
Хартов Анатолий Владиславович

ПРОБЛЕМАТИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ 133
Новикова Екатерина Георгиевна
Иванов Сергей Сергеевич

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ CO_2 ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦ 138
Новикова Екатерина Георгиевна
Малахов Павел Иванович

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ 142
Новикова Екатерина Георгиевна
Сидоров Виталий Витальевич

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ 147
Новикова Екатерина Георгиевна
Ковалев Николай Анатольевич

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ;
ЧЕМ ХОРОША АВТОМАТИКА 153
Пушкин Сергей Витальевич
Тремасова Елена Сергеевна

СЕКЦИЯ

«АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО»

АНАЛИЗ СПОСОБОВ МОНТАЖА ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ КАМА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Ахметов Адель Альвирович
студент бакалавриата,
кафедра автомобильных дорог, мостов и тоннелей,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Р.Ф. г. Казань
E-mail: eng.ahmetov@gmail.com

Абдуллина Лилиана Рамилевна
студент бакалавриата,
кафедра автомобильных дорог, мостов и тоннелей,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Р.Ф. г. Казань

Галиев Айдар Радикович
студент бакалавриата,
кафедра автомобильных дорог, мостов и тоннелей,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Р.Ф. г. Казань

Петропавловских Ольга Константиновна
научный руководитель, старший преподаватель,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Р.Ф. г. Казань
E-mail: olga_konst@mail.ru

Важнейшей задачей современной транспортной сети является разгрузка городских улиц, именно поэтому данный мост значительно сократит въезд транзитного грузового потока, идущего по федеральной трассе М7 «Волга». Сегодня поток вынужден заходить вглубь Набережных Челнов и Нижнекамска.

Транспортная отрасль является основой хозяйственного комплекса Республики Татарстан. В последнее время специфика данного региона настроена на развитие транспортной системы. И, в связи с этим, возникает необходимость в строительстве нового участка автодороги, в составе которой находится мост.

Запроектирован мостовое сооружение по схеме 4х(5х66) м; общая длина моста составляет 1341,1 м; габарит моста 2х (Г-11). Общая ширина моста 22,8м. Пролётные строения – индивидуальной конструкции, сталежелезобетонные с двутавровыми главными балками высотой 2740 мм, с монолитной железобетонной плитой толщиной 220 мм и поперечными балками, установленными с шагом 3м. В поперечном сечении пролетное строение состоит из 2 главных балок (под каждое направление), объединенных поперечными связями. Материал главных балок пролётных строений – сталь марки 15ХСНД по ГОСТ 5058-57 [1]. Расстояние между главными балками 7,55 м. Поперечный профиль моста представлен на рисунке 1.

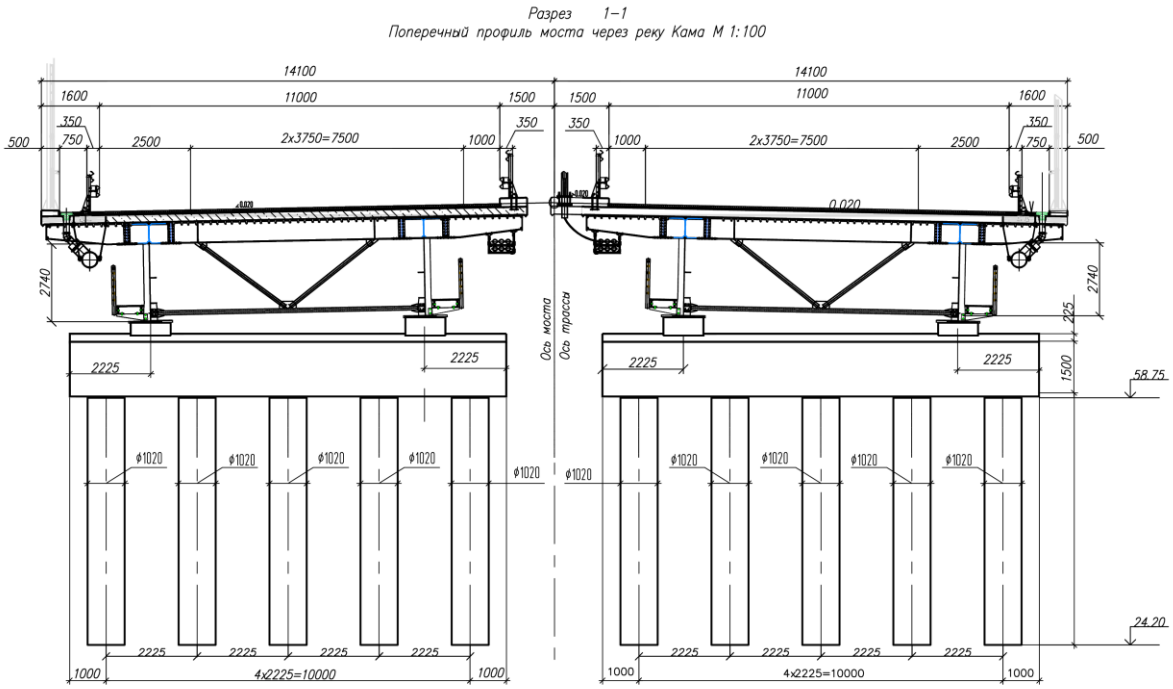


Рисунок 1. Поперечный профиль моста у опоры №11

Промежуточные опоры – стоечные, индивидуальной конструкции. Фундаменты промежуточных опор – на металложелезобетонных столбах диаметром 1020 мм.

Конструкция сопряжения моста с насыпью принята полузаглубленного типа из монолитных железобетонных переходных плит длиной 8м с опиранием на щебеночную подушку.

Укрепление конусов предусмотрено из монолитного бетона толщиной 150мм по слою щебня толщиной 150 мм. Мостовое сооружение было запроектировано под расчётные нагрузки по нормам СП 35.13330.2011 [2].

В данной статье рассматривается 2 варианта монтажа пролетного строения:

- Конвейерно- тыловой (продольная надвижка)
- Монтаж пролетного строения кранами с временного (рабочего) моста

Целью работы является определение наиболее оптимального способа монтажа металлического пролётного строения моста.

Задачи:

1. Рассмотреть технологии возведения пролётного строения

2. Составить таблицу, отображающую достоинства и недостатки методов монтажа.

Первый вариант предполагает монтаж пролетного строения с помощью конвейерно-тыловой сборки с циклической продольной надвижкой по капитальным и временным опорам.

По готовности опор производится их обстройка. Сооружается стапель на насыпи подхода в пределах строительной площадки. Устанавливаются устройства скольжения и подмости. Сначала монтируются два аванбека, толкающие устройства продольной надвижки на стапеле и катающие устройства на промежуточных и капитальных опорах. Затем металлические блоки пролетного строения подаются на стапель с помощью крана КС-65713- 1 "Галичанин" г/п 50т. После чего начинается продольная надвижка пролетного строения.

Технологическая последовательность производства работ:

1. Сборка на стапеле части пролетного строения длиной 63м.Собираются в одну плеть блоки Б1-6шт (6х10.5). Монтируется аванбек.

2. Надвижка всех блоков балок до крайней опоры № 2.

3. Установка двух кранов Liebherr LR-1200 в рабочее положение. Демонтаж аванбека.

4. Монтаж промежуточных блоков ортотропной плиты Pmax=6.4т. на первых двух монтажных блоках. Уравновешенный монтаж консольных блоков ортотропной плиты на первых двух монтажных блоках.

5. Установка гидравлических домкратов на опорах 1,2,3,4 под домкратными балками. Опускание пролетного строения поочередно на каждой из опор с установкой пролетного строения на постоянные опорные части.

6. Добетонирование устоев и досыпка насыпи подходов до проектной отметки.

Во втором варианте (монтаж пролетного строения кранами с временного моста) применяется два крана с одинаковой грузоподъемностью, что в свою очередь влияет на стоимостные показатели монтажа пролетного строения.

Стапельные площадки устраиваются в подмостовой зоне. В радиусе рабочей зоны кранового оборудования. На стапельные площадки блоки пролетного строения доставляются автомобильным транспортном и осуществляется укрупненная сборка. Каждая плеть блоков главных балок длиной по 10.5м. Данный способ монтажа включает применение временных опор.

Последовательность производства работ при монтаже пролетного строения кранами с временного моста:

1. Отсыпка насыпи под технологические площадки для работы крана и подвоза блоков пролетного строения. Устройство основания под технологические площадки из щебня h=0.30м. Укладка железобетонных плит на технологические площадки размерами 3х1.5х0.18м. Обстройка опор и устройство рабочих площадок на ригелях опор; Установка крана Liebherr LTM 1280 в рабочее положение. Строповка и установка в пролет поочередно двух П-образных блоков главных балок Pmax=55т краном Liebherr LTM 1280.

2. Установка крана Liebherr LTM 1100 г/п 100т в рабочее положение. Монтаж посекционно промежуточных блоков ортотропной плиты Pmax=6.4 тн краном Liebherr LTM 1100 г/п 100т. Монтаж консольных блоков ортотропной плиты Pmax=3.5 тн краном Liebherr LTM 1100 г/п 100т. На временные опоры с последующим болтовым и сварным соединением к блокам

3. Установка гидравлических домкратов на опорах 1,2,3,4 под домкратными балками. Поддомкрачивание пролетного строения поочередно на каждой из опор с установкой пролетного строения на постоянные опорные части.

4. Добетонирование устоев и досыпка насыпи подходов до проектной отметки.

5. Опускание пролетного строения идентично описанному в первом варианте монтажа.

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать следующие выводы:

1. При сравнении стоимостей вариантов моста по укрупненным показателям в ценах первого квартала 2021г. Очевидным преимуществом обладает вариант №1;

2. При сравнении вариантов по производственному показателю необходимо выявить наиболее простой вариант по степени простоты и удобства монтажа. Вариант №2 наиболее трудоемкий в монтаже. При монтаже пролетного строения кранами требуется устройство подъездных путей временного моста и монтажных площадок в подмостовом пространстве для работы кранов. Учитывая все вышеперечисленное, предпочтение отдается варианту №1.

Рисунок 2. Сравнительные диаграммы вариантов монтажа пролетного строения

Список литературы:

1. ГОСТ 5058-57. Сталь низколегированная конструкционная. Марки и общин технические требования. – М.:Стандартгиз, 1962.–9 с.
2. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*. М: ОАО «ЦПП», 2011. 347 с.

СЕКЦИЯ

«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

СПОСОБЫ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЗАМКНУТОЙ ЭКОСИСТЕМОЙ

Завадская Ольга Ивановна

студент,
факультет программной инженерии и компьютерной техники,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: zav_olia_com@mai.ru

METHODS OF REMOTE INTERACTION WITH A HARDW ARE-SOFTWARE COMPLEX FOR AUTOMATION OF CONTROL AND MANAGEMENT OF A CLOSED ECOSYSTEM

Olga Zavadskaya

Student,
Faculty of Software Engineering and Computer Systems,
University ITMO (National Research University ITMO),
Russia, St. Petersburg

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен функционал аппаратно-программного комплекса автоматизации контроля и управления замкнутой экологической средой. Выделены основные способы дистанционного взаимодействия с АПК в рамках локальной сети. По результатам анализа положительных и отрицательных сторон каждого метода, выбраны несколько способов для реализации.

ABSTRACT

In this work, various functions of the hardware-software complex for automation of control and management of a closed ecosystem are considered, ways of remote interaction with such complex in the local network are highlighted, the best ways are selected.

Ключевые слова: автоматизация, аппаратно-программный комплекс, дистанционное управление.

Keywords: automation, hardware-software complex, remote control.

На сегодняшний день происходит повсеместная автоматизация рутинных операций в самых различных областях. Для поддержания в помещениях комфортной психологической атмосферы зачастую производится установка аквариума. Внедрение комплексной автоматизации управления состоянием замкнутой экологической среды, на основе управляющих устройств и различных датчиков, позволяет минимизировать финансовые, а также временные издержки при уходе за резервуаром.

Большинство физико-химических показателей воды можно держать в допустимых пределах, управляя некоторыми физическими параметрами. Внедрение комплекса, который автоматизирует рутинные действия – такие, как управление освещением, компрессором, фильтрующей установкой и обогревательным устройством – является сравнительно недорогим процессом.

В качестве освещения рационально использование светодиодных элементов. Применение широтно-импульсной модуляции позволит реализовывать имитацию таких природных явлений, как рассветы и закаты.

Фильтрующая установка и компрессор отключаются в ночное время с целью экономии электроэнергии и снижения шума от АПК. Для управления электрическими розетками используются твердотельные реле. Их срок службы велик, а цена минимальна.

Для своевременного включения и отключения оборудования применяются часы реального времени, а также синхронизация NTP-серверами глобальной сети.

В зависимости от данных датчика температуры производится управление нагревательным элементом. Сам датчик расположен непосредственно в аквариуме.

В качестве управляющего устройства, которое задает логику работы всех компонентов, выступает Arduino Nano [4]. Для реализации возможности конфигурирования параметров в рамках локальной сети используется ESP8266.

Для размещения компонентов применяется электрический щиток с розетками. На его базе установлена LCD-панель и кнопки для осуществления ручного управления контроллером.

Для удаленного взаимодействия обычно используются специализированные пульты управления, персональные компьютеры или мобильные устройства. Также существуют такие кроссплатформенные решения, как использование web-страниц [2].

Специализированные пульты управления заточены на выполнение строго определенных функций и предназначены для конкретного экземпляра оборудования.

Программа, написанная для стационарных персональных компьютеров или ноутбуков, позволяет пользователю в рамках локальной сети производить дистанционное управление, не покидая рабочее место.

Оба способа взаимодействия ограничивают мобильность пользователя, который будет вынужден либо находится в непосредственной близости от управляемого устройства, либо рядом с персональным компьютером, на котором установлено требуемое программное обеспечение.

На сегодняшний день использование мобильного приложения для операционных систем Android или iOS является одним из самых распространённых способов взаимодействия.

Для операционной системы Android используются различные среды разработки – например, Android Studio, Eclipse, AIDE и другие. В каждом из них имеется поддержка несколько языков программирования.

Написание мобильного приложения для операционной системы iOS производится на наитивных языках программирования – таких, как Swift и Objective-C. Существует возможность использовать кроссплатформенные языки программирования. Для этого необходимо провести компиляцию приложения под iOS. Оптимизированный код на этих языках будет функционировать медленнее, чем на наитивных.

Использование кроссплатформенных языков программирования для iOS позволит сократить временные затраты на разработку двух отдельных приложений под разные операционные системы. Для взаимодействия с АПК производительность программного продукта не является критическим фактором.

Процесс взаимодействия пользователя с web-страницами построен по принципу «вопрос-ответ». Все вычисления производятся на стороне web-сервера, на стороне пользователя только отображается информация [3].

Преимуществом использования web-страниц для взаимодействия с АПК является их кроссплатформенность. Нет привязки к определенной операционной системе или устройству. Получить доступ к web-страницам можно как с мобильных устройств, так и с персональных компьютеров, ноутбуков – с любого устройства, имеющего доступ к сети. Недостатки использования web-страниц заключаются в отсутствии поддержки старых операционных систем, а также в высоких требованиях браузера к вычислительной мощности устройства.

Для взаимодействия с аппаратно-программным комплексом автоматизации контроля и управления замкнутой экологической средой будет использоваться мобильное приложение, написанное на языке программирования Java в бесплатной интегрированной среде разработки Android Studio [1]. Данное решение позволит при необходимости осуществить перенос на иную платформу для расширения функционала и увеличения охвата поддерживаемых устройств.

Для кроссплатформенного взаимодействия написаны web-страницы. Для хранения и управления контентом веб-сервера используется SD-карта в АПК.

Таким образом выбранные способы взаимодействия охватывают большинство возможных устройств пользователя: как слабой конфигурации, так и с высокой вычислительной мощностью. Удаленное конфигурирование дублирует функционал работы непосредственно с контроллером в ручном режиме, а также дополняет функциями, связанными с работой АПК в сети.

Список литературы:

1. Бугаренко Е. Элегантные объекты. Java Edition / Егор Бугаренко; Санкт-Петербург: Изд-во Питер, 2019. – 224 с.
2. Дакетт Д. HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов / Джон Дакетт; Москва: Изд-во Эксмо, 2020. – 480 с.
3. Емельянов А.А. Некоторые аспекты информационно-экономической безопасности при разработке систем защиты от несанкционированного доступа // Информационно-технологическое обеспечение цифровой экономики: сборник статей – 2018. – с. 37-41.
4. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino / У. Соммер; Санкт-Петербург: Изд-во БХВ, 2016. – 256 с.

СЕКЦИЯ

«КОСМОС, АВИАЦИЯ»

ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЖИДКОСТНО-ВОЗДУШНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ (ЖВРД)

Каушан Николай Владимирович
студент,
кафедра двигателей летательных аппаратов,
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск
E-mail: kaushan98@mail.ru

POSSIBILITIES OF CREATING A LIQUID-AIR ROCKET ENGINE (LIQUID-PROPELLANT ROCKET ENGINE)

Nikolay Kaushan
Student,
Department of Aircraft Engines
Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology
Russia, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

В качестве цели настоящей статьи определена необходимость отражения основных тенденций ближайшего будущего развития ракетостроения, которое связано с созданием и внедрением в практику жидкостно-воздушного ракетного двигателя. Необходимость развития направления создания жидкостно-воздушного ракетного двигателя (ЖВРД) связана с тем, что появление детонационных двигателей позволит снизить массу верхних ступеней ракет, увеличит дальность полетов и эффективность расходования топлива – она в 10 раз выше.

Выявлена проблема недостаточного внимания к данному направлению, однако, успехи в этом направлении российских учеными значительны и требуется продолжение экспериментальной деятельности.

ABSTRACT

The purpose of this article is to determine the need to reflect the main trends in the near future development of rocket science, which is associated with the creation and introduction of a liquid-air rocket engine into practice. The need to develop the direction of creating a liquid-air rocket engine (liquid-propellant rocket engine) is due to the fact that the appearance of detonation engines will reduce the mass of the upper stages of rockets, increase the flight range and fuel consumption efficiency – it is 10 times higher.

The problem of insufficient attention to this direction has been identified, however, the success in this direction by Russian scientists is significant and it is necessary to continue experimental activities.

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель; детонационное сжигание топлива; энергетические характеристики.

Keywords: liquid rocket engine; detonation fuel combustion; energy characteristics.

В настоящее время специалисты в качестве перспективного направления развития жидкостных ракетных двигателей назвали создание жидкостно-воздушного ракетного двигателя. Тяга в таком движке генерируется за счёт серии детонаций. В теории он значительно превосходит ЖРД по множеству параметров, таких как скорость сгорания, термическая эффективность, расход топлива и даже проста конструкции.

Впервые технически осуществимая идея организации детонационного сжигания топлива для повышения энергетических характеристик двигательных установок была выдвинута почти 60 лет назад [4]. Первая камера сгорания, в которой удалось осуществить непрерывный детонационный режим сжигания заранее приготовленных ацетиленокислородных смесей, представляла собой плоский кольцевой канал. Подача топливной смеси осуществлялась от центра

через внутренний узкий щелевой зазор, выброс продуктов сгорания – по периметру внешней границы кольцевого канала.

Поперечные детонационные волны (ПДВ) распространялись по кругу внутри канала перпендикулярно натекающей смеси. Устойчивость существования ПДВ обеспечивалась режимами подачи и смешения компонентов топлива [2, с.126-136].

Поскольку компоненты поступали в камеру постоянно, ПДВ, возвращаясь на «старое» место, двигались по невозмущенной (непрореагировавшей) горючей смеси. Этот процесс получил название непрерывной спиновой детонации (НСД) [1, с.95-108].

Однако, вплоть до конца XX века детонационное горение не нашло широкого распространения в технике. Прежде всего это связано с рядом серьезных проблем, вызванных высокими температурами свыше 3500 К, давлениями порядка 1000 атмосфер, сложностью математического моделирования процессов, протекающих в детонационной волне.

По мере внедрения современных технологий, создания новых материалов с уникальными свойствами, развития численных методов и средств вычислительной техники в последние десятилетия резко возрос интерес к проблеме применения детонационного горения в двигателестроении.

Масштабные работы широко развернуты в США, Китае, Франции, Японии, Корее. С помощью методов вычислительной газовой динамики проектируются и исследуются камеры сгорания, работающие в режиме НСД. Проводятся сотни огневых испытаний с использованием разных топливных пар: водород – кислород, метан – кислород, керосин – кислород и др.

Специалисты, занимающиеся ЖВРД, рассматривают принципы работы ЖРД на компонентах газообразный кислород – керосин, в котором сжигание топлива осуществляется в поперечных детонационных волнах, непрерывно циркулирующих по кругу в кольцевой камере сгорания. В своих публикациях специалисты фиксируют результаты испытаний со спиновым детонационным режимом горения, отмечая, что при использовании детонационного механизма сжигания топлива возможен прирост удельного импульса в пределах до 4÷5%[4].

В связи с наличием многочисленных факторов, влияющих на процессы детонационного горения и течения продуктов сгорания, теоретическое (методами численного моделирования) определение эффективности работы детонационных камер различных конструктивных модификаций чрезвычайно затруднительно. Однако, в целом, отмечена необходимость дальнейших исследований в части оптимизации геометрии КС и форсуночной головки с целью улучшения смесеобразования при одновременном уменьшении перепада давления на форсунках, а также повышения давления в КС детонационных двигателей до уровня современных ЖРД. И испытания продолжаются, в настоящее время в США разработали и испытали ротационный детонационный двигатель, работающий на водороде и кислороде, реализация которого ранее считалась невозможной [3].

В настоящее время над новым типом двигателя работают российские специалисты НПО «Энергомаш», которое испытало первый в мире детонационный двигатель «Ифрит» еще в 2018году.

Интерес к проблеме применения детонационного горения в ракетном двигателестроении обусловлен соответствующими характеристиками детонационного двигателя (табл. 1).

Таблица 1.

Преимущества применения НСД в ЖРД

Фактор, влияющий на удельный импульс	**Современные ЖРД**	**Детонационный ЖРД**
Завесное охлаждение	потери: уменьшение /уд на 1,5%-2%	Отсутствует
Полнота сгорания	98%-98,5%, потери: уменьшение /уд на 1,5%-2%	~100% возможность полностью убрать потери
Число Маха на входе в расширяющуюся часть сопла	M=1	M~1,5 Увеличение /уд на 1,0%-1,5%

Кроме этого в поперечных детонационных волнах достигается практически стопроцентная полнота сгорания. В лучших современных ЖРД этот показатель

достигает 98-98,5%, что дает детонационному двигателю еще 1,5-2% прироста по удельному импульсу.

Детонационный ЖРД в перспективе должен отличаться меньшими габаритами и массой, поскольку процесс НСД допускает существенное уменьшение длины КС вплоть до размера поперечного детонационного фронта (для топлива кислород-керосин 30^50 мм), а также обеспечивает тот же расход топлива при меньшем давлении в системе подачи. НСД является устойчивым высокочастотным процессом, следовательно, устраняются ограничения на размеры КС и меры борьбы с высокочастотной неустойчивостью.

Список литературы:

1. Быковский Ф.А. Исследование непрерывной спиновой детонации водородокислородных смесей. 2. камера с расширением кольцевого канала / Ф.А. Быковский, С.А. Ждан, Е.Ф. Ведерников // Физика горения и взрыва. – 2008. – Т. 44. – № 3. – С. 95-108
2. Журавская Т.А. Исследование некоторых способов стабилизации детонационной волны в сверхзвуковом потоке / Т.А. Журавская, В.А. Левин // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. – 2012. – № 6. – С. 126-136
3. Макаренко Н., Новый прорыв в создании детонационного двигателя, работающего на водороде и кислороде. Технологии. 05 мая 2020 [Электронный ресус] Режим доступа: https://naukatehnika.com/detonacionnyj-dvigatel-na-vodorode-i-kislorode.html (Дата обращения 06.09.2021)
4. Создание и исследование стендового кислородно-керосинового детонационного ЖРД) / И.А. Арбузов, Е.А. Белов, П.С. Левочкин [и др.] // Труды НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко. – 2017. – № 34. – С. 4-45

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЖИЖЕННЫХ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ В КАЧЕСТВЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ГОРЮЧЕГО

Каушан Николай Владимирович
студент,
кафедра двигателей летательных аппаратов,
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск
E-mail: kaushan98@mail.ru

MODERN SCIENTIFIC RESEARCH ON IMPROVING THE LIQUID ROCKET ENGINE

Nikolay Kaushan
Student,
Department of Aircraft Engines
Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology
Russia, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

В основе работы жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) Во всем мире остро стоит вопрос о необходимости перехода на экологически чистую энергию. Сжиженный природный газ (СПГ) – наиболее экологичная альтернатива другим видам топлива, массово используемым для выработки энергии. В ближайшее время СПГ станет одним из самых перспективных направлений при выборе экологически безопасного топлива. В настоящей статье представлены достоинства сжиженного природного газа как альтернативного топлива для российской отрасли ракетостроения.

ABSTRACT

At the heart of the operation of a liquid rocket engine (LRE) Around the world, there is an urgent question of the need to switch to environmentally friendly energy. Liquefied natural gas (LNG) is the most environmentally friendly alternative to other fuels that are massively used for energy generation. In the near future, LNG will become one of the most promising areas when choosing an environmentally friendly fuel. This article presents the advantages of liquefied natural gas as an alternative fuel for the Russian rocket industry.

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель; сжиженный природный газ; доступность, экологичность.

Keywords: liquid rocket engine; liquefied natural gas; availability, environmental friendliness.

Текущее состояние заправки жидкостных ракетных двигателей характеризуется приоритетом использования пары кислород-керосин. То есть, ракетное топливо состоит из окислителя и горючего, в настоящее время наиболее распространенной является комбинация, состоящая из криогенного и высококипящего компонентов: жидкого кислорода как окислителя и керосина как горючего. Однако оптимальной является пара криогенных компонентов горючего и окислителя – жидкий кислород и жидкий водород.

Керосин начал применяться ещё в 50-х годах и остаётся востребован и по сей день. Жидкий водород является эффективнейшим и экологически чистым горючим и в современных ракетно-космических комплексах он применяется в паре с жидким кислородом. Но чрезвычайно низкая плотность не позволяет в полной мере использовать его для первых ступеней ракет. Есть у него ещё один недостаток – высокая криогенность, что приводит к дополнительным затратам.

Имеют место проблемы с промышленным производством жидкого водорода, так как до распада СССР промышленное снабжение жидким водородом осуществлялось предприятиями Украины и Узбекистана. В Российской Федерации нет заводов по производству жидкого водорода и топливная пара с использованием жидкого водорода в ЖРД малодоступна в России с учетом отсутствия промышленного его производства.

Одним из путей решения этой проблемы может стать использование сжиженного природного газа (СПГ) в качестве универсального экологически чистого горючего, а также применение новых схем двигателей с дожиганием восстановительного генераторного газа и эффективных систем охлаждения камер сгорания [3]. В случае применения СПГ в качестве горючего и кислорода в качестве окислителя в схеме с избытком горючего в генераторном газе практически

исключается сажеобразование. Дополнительным положительным свойством метанового топлива является его лучшая охлаждающая способность по сравнению с керосином.

СПГ особенно актуален для предприятий, где основным топливом является природный газ. Природный газ (которым и является СПГ) широко применяется в качестве топлива котлоагрегатов с максимально возможным КПД при полной автоматизации процесса. Таким образом, применение СПГ в качестве резервного топлива на газопотребляющих предприятиях, позволит избежать остановки рабочих процессов при проведении ремонтных и пусконаладочных работ. Наряду с тем, что СПГ – экологичное, безопасное, надежное и энергетически эффективное топливо, необходимо отметить, что его хранение отличается высокой компактностью, экономичностью. СПГ – это топливо будущего и является самым верным решением при выборе типа резервного топлива. Кроме того, специалисты отмечают возможности СПГ как перспективного топлива с экономической точки зрения. Сегодня сокращение расходов стало общемировым трендом. Топливо составляет всего 2...0,3% от стоимости всей ракеты-носителя, но кроме стоимости топлива важен еще такой параметр, как его доступность [1].

Россия – один из лидеров по производству СПГ. Австралия, Катар, Россия и США в среднесрочной перспективе останутся крупнейшими поставщиками сжиженного природного газа в мире. При этом Катар и Россия имеют значительный потенциал для увеличения объемов производства и экспорта СПГ. США также обладают значительными запасами и производственными мощностями, однако американский СПГ намного дороже российского и катарского, в конечном счете, успех реализации американских проектов зависит от конъюнктуры рынка. Австралия, обладающая крупнейшими производственными мощностями СПГ в мире, из-за повышения внутреннего потребления природного газа, а также отсутствия реальных возможностей для увеличения добычи не сможет нарастить объемы производства и экспорта в ближайшие 3-5 лет. Российская Федерация в случае успешной реализации таких проектов, как «Обский СПГ», «Арктик СПГ – 2»

и «СПГ Портовая», сможет увеличить свою долю на глобальном рынке СПГ с 8 % до 12 % уже к 2027 г. [3, с. 96].

Итак, использование сжиженного природного газа имеет значительные перспективы, особенно с учетом доступности этого топлива для российского ракетостроительного комплекса. В качестве преимуществ сжиженного природного газа (СПГ) перед другими энергоносителями можно отметить следующие:

- быстро испаряется при самых низких температурах;
- выделяет весьма значительное количество тепла на единицу веса, при этом в меньшей степени загрязняет воздух продуктами сгорания (копотью);
- не является токсичным веществом;
- наиболее чистое минеральное топливо по критериям объемов парниковой эмиссии (при горении выбросов CO2 выделяется меньше на 20%).

Учитывая перечисленные преимущества, СПГ является эффективным решением проблемы выбора резервного топлива.

Список литературы:

1. Карпов А.Б. Перспективы использования сжиженного природного газа в качестве топлива ракетных двигателей // Химия и химическая технология: достижения и перспективы : Материалы IV Всерос. конф., (Кемерово, 27–28 ноября 2018 г.). – Кемерово: КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 2018. – С. 4081-4083
2. Кондратенко А.Д. Применение СПГ в качестве ракетного топлива // Труды 60-й Всерос. науч. конф. МФТИ. – 2017. – С. 192-193
3. Ульченко М.В. Производство сжиженного природного газа: особенности конкуренции на мировом рынке // Фундаментальные исследования. – 2021. – № 4. – С. 96-101

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Каушан Николай Владимирович
студент,
кафедра двигателей летательных аппаратов,
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск
E-mail: kaushan98@mail.ru

MODERN SCIENTIFIC RESEARCH ON IMPROVING THE LIQUID ROCKET ENGINE

Nikolay Kaushan
Student,
Department of Aircraft Engines,
Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology
Russia, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

Ракетные двигатели нуждаются в конструктивном совершенствовании по причинам повышения и расширения требований к ним. Цель статьи – рассмотреть направления совершенствования конструкции центробежных насосов жидкостных ракетных двигателей. В настоящей статье отмечаются современные публикации специалистов, которые рассматривают методический аспект работ над совершенствованием конструкции центробежных насосов жидкостных ракетных двигателей. Автор полагает, что необходима общая методика расчёта и проектирования насосов ЖРД, с учетом видов насосов, их параметров. Существующие методики, в том числе, представленные в работах вышеуказанных авторов не учитывают значительное количество параметров, которые влияют на надежную работу насоса.

ABSTRACT

Rocket engines need constructive improvement for reasons of increasing and expanding the requirements for them. The purpose of the article is to consider the directions of improving the design of centrifugal pumps of liquid rocket engines. In

this paper, modern publications of specialists who consider the methodological aspect of work on improving the design of centrifugal pumps of liquid rocket engines are noted. The author believes that a general methodology for calculating and designing liquid propellant pumps is necessary, taking into account the types of pumps and their parameters. The existing methods, including those presented in the works of the above authors, do not take into account a significant number of parameters that affect the reliable operation of the pump.

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель; насос; эксплуатация, кавитационные характеристики.

Keywords: liquid rocket engine; pump; operation, cavitation characteristics.

Напор насоса – это приращение механической энергии жидкости, прошедшей через насос [6]. Полученная жидкостью энергия требуется для преодоления различных гидравлических сопротивлений (клапаны, дроссели, шероховатость трубопроводов) с тем, чтобы давление компонентов в камере сгорания двигателя было равно заданному значению, для чего требуется стабильная работа насоса. «Надежность жидкостного ракетного двигателя – это свойство ЖРД сохранять работоспособное состояние при установленных условиях эксплуатации»[2].

Специалисты выделяют проблемы совершенствования многоступенчатых центробежных насосов [3], предлагая варианты совершенствования конструктивных особенностей этого узла ЖРД. Специалисты рассматривают методы рациональной и экономичной эксплуатации насосов на основе регулирования изменения частоты вращения вала рабочего колеса насоса. В работе [1] рассматривается влияние изменения частоты вращения на параметры насоса и, соответственно, на баланс потерь энергии. В работе [4] показана расчетная модель для режимов работы ступеней насосов близких к оптимальным и может быть использована для накопления статистической информации по балансу потерь в проточной части ЦН.

Особенностью насосов типа ЦНС является малая величина зазора между рабочим колесом и лопатками направляющего колеса, поэтому для них лучшие результаты при расчетах вязкого течения и прогнозных энергетических характеристик насоса дает нестационарный подход. В работе [7] использован метод исследования пространства параметров. Некоторые работы затрагивают проблемы методического характера. В И.В. Щербатенко [8] представлена методика прогнозирования частной кавитационной характеристики шнековых колёс с различной формой входной кромки, основанная на идентичности механизма выравнивания потока за решеткой на кавитационных и безкавитационных режимах работы. Данный метод даёт удовлетворительное согласование результатов расчета с результатами экспериментов 4 различных шнековых колёс. Однако данный метод, как и предыдущий, имеет такие же недостатки, за исключением замены угла лопасти и условия для углов атаки.

В источнике [5] представлен метод расчета кавитационных характеристик шнековых и шнекоцентробежных насосов, основанный на расчете значений кавитационного запаса по третьему, второму и первому, критическому режиму и дальнейшей их линейной аппроксимации. Несколько работ посвящены разработке математической модели совершенствования работы насоса.

В итоге, обобщая проблемы определения характеристик насосов ЖРД, следует разработать общую методику расчёта и проектирования насосов ЖРД, с учетом видов насосов, их параметров. Существующие методики, в том числе, представленные в работах вышеуказанных авторов не учитывают значительное количество параметров, которые влияют на надежную работу насоса.

Список литературы:

1. Баланс потерь энергии в центробежном насосе при изменении частоты вращения рабочего колеса / Кан Э.К. // Irrigatsiya va Melioratsiya. 2018. № 3 (13). С. 41-44
2. ГОСТ 17655-89. Двигатели ракетные жидкостные. Термины и определения. Введ. 1991-01-01. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 59 с.

3. Дергач И.В. Актуальные проблемы совершенствования многоступенчатых центробежных насосов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. Конф., посвященной Дню космонавтики. В 3-х томах (Красноярск, 13–17 апреля 2020 г.). – Красноярск, СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, 2020. – С. 158-160
4. Оптимальная модель для анализа баланса потерь в проточной части промежуточной ступени насоса / Пугачев П.В. // В сб.: Гидравлические машины, гидропневмоприводы и гидропневмоавтоматика. Современное состояние и перспективы развития Сборник научных трудов международной научно-технической конференции. –2018. – С. 233-239
5. Петров В.П., Чебаевский В.Ф. Кавитация в высокооборотных лопастных насосах. М.: «Машиностроение», 1982. – 192 с.
6. Савчин, Д.А. Разработка и анализ модели процесса получения напорной характеристики центробежных насосов жидкостных ракетных двигателей // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. – 2021. – Т. 5. – № 1. – С. 95-10
7. Улучшение гидравлических и пульсационных характеристик многоступенчатых центробежных насосов / Иванов Е.А., Жарковский А.А., Борщев И.О. // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2018. Т. 24. № 3. С. 126-138
8. Щербатенко И.В. Разработка теории и методов расчета шнековых рабочих колес лопастных насосов с учетом теплофизических свойств жидкости. дис. докт. техн. наук: 05.04.13: защищена 15.04.2002: утв. 12.07.2002/ Щербатенко Игорь Владимирович. – М., 2001. С. 441

СПОСОБЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ЖРД)

Каушан Николай Владимирович
студент,
кафедра двигателей летательных аппаратов,
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск
E-mail: kaushan98@mail.ru

THE METHODS OF COOLING LIQUID PROPELLANT ROCKET ENGINES

Nikolay Kaushan
Student,
Department of Aircraft Engines
Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology
Russia, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются способы охлаждения конструктивных элементов жидкостного ракетного двигателя. Эта тема крайне актуальна из-за высокой температуры горения, которая грозит термической деструкцией двигателя. В статье отмечена важность работы специалистов ракетостроения в этом направлении.

ABSTRACT

The article discusses the methods of cooling the structural elements of a liquid rocket engine. This topic is extremely relevant because of the high gorenje temperature, which threatens the thermal destruction of the engine. The article notes the importance of the work of rocket scientists in this direction.

Ключевые слова: охлаждение, ракетный двигатель, регенеративное охлаждение, пограничный слой, абляционный способ охлаждения.

Keywords: cooling, rocket engine, regenerative cooling, boundary layer, ablative cooling method.

Безопасный запуск двигателя – это то, что лежит в основе автоматического управления жидкостным ракетным двигателем. Кроме того, элементами системы автоматического управления являются:

- эффективный контроль на всех этапах запуска и выхода на основной режим работы,
- постоянный мониторинг тяги по плану полета с необходимостью ее регулирования,
- постоянный мониторинг с последующим регулированием расходных материалов,
- остановка при выходе на заданную траекторию.

Жидкостный ракетный двигатель оснащают гарантированным запасом топлива, так как не все моменты работы запуска и вывода ракеты на проектируемый режим можно просчитать заранее, возможны различные отклонения.

Пуск ЖРД очень критичен с точки зрения взрывоопасных отказов в его реализации. Причиной взрывоопасного отказа может стать накопление несгоревшего топлива в камере, и при проблемах охлаждения конструкций двигателя может разрушиться по причине взрыва.

Существует несколько видов охлаждения стенок камеры ЖРД:

1. регенеративное охлаждение, основанное на создании полостей в стенках камеры, через которые окислитель без топлива охлаждает стенки камеры и тепло с теплоносителем (топливом) возвращается обратно в камеру. Специалистами рассмотрены различные способы регенеративного охлаждения. Так, группа специалистов [4] рассмотрела в своей публикации «новую высокоэффективную систему регенеративного охлаждения на основе принципа межканальной транспирации теплоносителя сквозь пористый сетчатый металл (ПСМ)». Исследователи указали на влияние числа каналов на гидравлические потери и эффективность теплообмена, установив, при этом, высокую интенсификацию теплообмена в пористом тракте.

2. создание пограничного слоя, который создается из паров топлива слой газа со стенок камеры. Этот эффект достигается установкой на периферии

головки форсунок, подающих только топливо. При этом топливной смеси не хватает окислителя и горение у стенки не такое интенсивное, как в центре камеры. Температура пограничного слоя изолирует высокие температуры в центре камеры от стенок камеры сгорания [2].

3. абляционный способ охлаждения жидкостного ракетного двигателя, который используют для небольших двигателей с вытеснительной топливной системой. В этом случае наносят специальный теплозащитный слой соответствующего покрытия на стенки камеры и сопла. При высоких температурах покрытие переходит из твердого состояния в газообразное, поглощая большую часть тепла. Этот способ охлаждения жидкостного ракетного двигателя использовался в американской лунной программе.

Какой бы способ не был использован, необходимо сформировать систему охлаждения таким образом, чтобы снизить температуру стенки двигателя. В этом направлении работают изобретатели, например, Болотин Н.Б. [3], Захаров А.М. [1]. И этот поиск трудно переоценить.

Список литературы:

1. Захаров А.М. Способ охлаждения огневой стенки камеры ЖРД и устройство для его реализации. Патент на изобретение RU 2403426 C1, 10.11.2010. Заявка № 2009118139/06 от 12.05.2009
2. Казаков А.Ю. Способы теплоизоляции камеры сгорания в газовой ракетной двигательной установке // Динамика систем, механизмов и машин. –2014. – № 2. – С. 232-233
3. Патент RU 2 511 785 C1 2014 год. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2511785C1_20140410 (Дата обращения 06.08.2020)
4. Пелевин Ф.В. К вопросу о применении пористых металлов в регенеративной системе охлаждения жидкостных ракетных двигателей / Ф.В. Пелевин, А.В. Пономарев, П.Ю. Семенов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2014. – № 5(650). – С. 10-19

КИСЛОРОДНО-МЕТАНОВОЕ ТОПЛИВО В ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ МАЛОЙ ТЯГИ

Каушан Николай Владимирович
студент,
кафедра двигателей летательных аппаратов,
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск
E-mail: kaushan98@mail.ru

OXYGEN-METHANE FUEL IN LOW-THRUST LIQUID ROCKET ENGINES

Nikolay Kaushan
Student,
Department of Aircraft Engines,
Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology,
Russia, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

В статье отмечена особая актуальность исследования оптимальности состава топлива для ракетных двигателей малой тяги. Это связано с тем, что в последние годы наметилась тенденция к созданию сверхлегких ракет-носителей. Причиной роста спроса на этот класс носителей стало распространение технологий проектирования и изготовления малых космических аппаратов, позволяющих широкому кругу организаций вести космическую деятельность в хозяйственных и научно-исследовательских целях.

ABSTRACT

The article notes the special relevance of the study of the optimality of the fuel composition for low-thrust rocket engines. This is due to the fact that in recent years there has been a trend towards the creation of ultralight launch vehicles. The reason for the growing demand for this class of carriers was the spread of technologies for the design and manufacture of small spacecraft, which allow a wide range of organizations to conduct space activities for economic and research purposes.

Ключевые слова: ракетный двигатель, малая тяга, ракета-носитель, топливо, метан, кислород.

Keywords: rocket engine, low thrust, booster, fuel, methane, oxygen.

Специалисты отмечают особое значение технологий проектирования и изготовления малых космических аппаратов [3]. Растущий спрос на запуски малых космических аппаратов привел к увеличению числа кластерных запусков. Основным решением в этом направлении развития ракетостроения являются технологически доступные и дешевые сверхлегкие ракеты-носители [2], массовое внедрение которых наблюдается повсеместно. Мировая ракетно-космическая промышленность сегодня ставит перед собой цель – сотрудничество с небольшими частными компании [1] в сфере производства ракетных двигателей малой тяги. В связи с чем, создание новых двигательных установок актуально со стороны снижения не только наукоемкости и трудоемкости производства, но и затрат на получение и хранение выбранных компонентов топлива, стоимости проектных работ, а также увеличения экономического эффекта, получаемого от новых двигателей ракет малой тяги.

Выбор топлива – определяющий параметр не только внешнего вида ракеты-носителя, но и ее возможностей (техническую и финансовую доступность для компаний народного хозяйства). Множество комбинаций компонентов топлива для жидкостных ракетных двигателей были разработаны и испытаны. И лишь некоторые из них прочно заняли свое место в ракетно – космической промышленности. К таким компонентам специалисты относят керосин, водород, жидкий кислород, азотная кислота и др.

Новые вызовы и задачи ставят задачу поиска более доступного и энергетически совершенного топлива, отвечающего современным и перспективным техническим требованиям. Одним из наиболее перспективных альтернативных видов топлива является кислородно-метановое топливо. Оно отвечает основным эксплуатационным требованиям к ракетным топливам, способным обеспечить

правильную работу жидкостных ракетных двигателей и безопасные условия труда человека. В перечень этих требований входят:

- нетоксичность,
- химическая стойкость,
- взрывобезопасность,
- невозможность самовоспламенения,
- хорошая охлаждающая способность,
- коррозионная пассивность к конструкционным материалам [4],
- наличие позитивного опыта работы в жидкостных ракетных двигателях,
- минимальное сажеобразование.

Выбор метана в качестве топлива обусловлен его энергетическими преимуществами перед керосином, он экологически чище гептила, экономически выгоднее водорода и является одним из самых доступных из всех существующих видов топлива. В связи с чем, метан в качестве топлива для жидкостных ракетных двигателей в последнее время рассматривается во всем мире. А химические и физические свойства кислорода делают его наиболее подходящим окислителем в этой паре, создавая оптимальное кислородно-метановое топливо для ракетных двигателей малой тяги.

Специалисты отмечают, что для целей народного хозяйства, которое все чаще нуждается в запуске ракет-носителей, наиболее перспективным представляется использование метано-кислородной девятикамерной двигательной установки в составе многоразовых сверхлегких ракет-носителей. Такая двигательная установка, помимо технических аспектов внедрения, также позволит быстро перейти к коммерческому внедрению пусковых услуг за счет сокращения сроков разработки, изготовления и испытаний жидкостных ракетных двигателей. Использование технически доступного и экономически выгодного топлива делает разработку, внедрение и производство двигательных установок этого типа более рентабельными.

Список литературы:

1. Ганиев Т.А., Карякин В.В. Космическая политика мировых и региональных держав / Т.А. Ганиев, В.В. Карякин. Монография. – М.: Архонт, 2020. – 175 с.
2. Данилюк А.Ю. Требования к облику и основным проектным параметрам микроракетного комплекса, предназначенного для запуска малых космических аппаратов размерностей «нано», «пико» и «фемто» // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2015. – № 3. – С. 107-113
3. Клюшников В.Ю. Ракеты-носители сверхлегкого класса: ниша на рынке пусковых услуг и перспективные проекты // Воздушно-космическая сфера/ 2019. – № 3 (100). – С. 58-71
4. Кузин А.И. Обоснование выбора компонентов ракетного топлива для двигательных установок первой ступени многоразовой ракетно-космической системы // Авиакосмическая техника и технология. – 2010. – № 1. – С. 19-55

СОЗДАНИЕ РАКЕТЫ НОСИТЕЛЯ СРЕДНЕГО КЛАССА С ЖРД КАК БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ В РАКЕТОСТРОЕНИИ

Каушан Николай Владимирович
студент,
кафедра двигателей летательных аппаратов,
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск
E-mail: kaushan98@mail.ru

CREATION OF A MEDIUM-CLASS LAUNCH VEHICLE WITH A ROCKET ENGINE AS THE NEAREST PROSPECTS IN ROCKET ENGINEERING

Nikolay Kaushan
Student,
Department of Aircraft Engines
Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology
Russia, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

В качестве цели настоящей статьи определена необходимость отражения проблемы повышения эффективности полетных задач. В статье представлены характеристики современной ракеты-носителя, использующей жидкое ракетное топливо. В статье указано на необходимость создания ракеты-носителя среднего класса, способной вывести на низкую околоземную орбиту полезный груз. При этом, в ближайшие несколько лет самым востребованным топливом остается пара керосин+жидкий кислород.

ABSTRACT

As the purpose of this article, the need to reflect the problem of improving the efficiency of flight tasks is determined. The article presents the characteristics of a modern launch vehicle using liquid rocket fuel. The article points to the need to create a medium-class launch vehicle capable of putting a payload into low-Earth orbit. At the same time, in the next few years, the most popular fuel remains a pair of kerosene+liquid oxygen.

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель; перспективные разработки; ракета-носитель, масса полезного груза.

Keywords: liquid rocket engine; promising developments; launch vehicle, payload mass.

Основными направлениями развития жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) являются, по мнению специалистов [1]:

- рационализация и упрощение конструкции, усовершенствование схем и структуры систем и агрегатов ЖРД;
- использование высокоэффективных топливных пар компонентов;
- оптимизация происходящих в них процессов [3, с.110];
- экономичность;
- точность выполнения полетных задач.

Решение задач, возникающих при совершенствовании в перечисленных направлениях, положительно отразится в важных характеристиках эффективности космических ракетных комплексов, таких как, например, стоимость выполнения космических пусков, масса полезной нагрузки, дальность полета [4, с. 98-105].

Одним из способов решения указанной задачи является реализация проекта РН «Союз-5». «Союз-5» – перспективная двухступенчатая РН среднего класса, которая будет способна вывести на НОО не менее 17 т полезного груза [8]. Данная ракета-носитель разрабатывается ракетно-космической корпорацией «Энергия» имени С.П. Королёва [2]. Реализация данного проекта предусмотрена действующей Федеральной космической программой в рамках опытно-конструкторской работы «Феникс». Стоимость одного запуска РН «Союз-5» оценивается в 55-56 млн. долл. [7].

Начало лётных испытаний данной РН запланировано на 2022 год, а переход в стадию коммерческой эксплуатации на 2025 год. Планируется, что эксплуатацией данной РН займется российская компания International Launch Services. Стартовый комплекс ракеты планируется создать на базе российско-казахстанского ракетно-космического комплекса «Байтерек», использовавшегося ранее для

запусков РН «Зенит-М» на космодроме «Байконур». Планируется, что «Союз-5» должна стать самой экономичной российской ракетой в связи с учетом сразу нескольких факторов:

Во-первых, при ее строительстве будут использовать современные технологии. В частности, предполагается, что определенное количество деталей будет произведено на 3D принтерах (аддитивные технологии).

Во-вторых, на 1-й ступени РН будут установлены самые совершенные на сегодняшний день двигатели – РД-171МВ, прообраз которых создавался еще для первой ступени ракеты сверх-тяжелого класса «Энергия». Двигатели семейства РД171/180/191 на сегодняшний день имеют самое высокое энергетическое совершенство. При тяге в 800 т показатель удельного импульса на уровне моря составляет 311секунд.

В-третьих, построение системы управления «Союза-5» с применением быстродействующей производительной бортовой вычислительной машины позволит минимизировать связи между ракетой и оборудованием технического и стартового комплексов. Это упростит процесс подготовки ракеты к пуску и удешевит наземное оборудование.

В-четвертых, материал, из которого впервые будут изготавливаться баки РН (алюминиевый сплав 1580) позволит значительно повысить технические характеристики ракеты.

В-пятых, впервые на второй ступени РН будет применяться объединенное днище баков горючего и окислителя, что позволит уменьшить габариты блока и снизить массу конструкции.

В таблице 1 представлены основные характеристики ракеты-носителя «Союз-5».

Таблица 1.

Основные тактико-технические характеристики РН «Союз-5»

Характеристики	Величины
Количество ступеней	2 + разгонный блок
Длина РН с головной частью	61,87 м
Диаметр РН	4,1 м
Стартовая масса	530 т
Вид топлива	Керосин + Жидкий кислород

РД-171МВ на сегодняшний день является самым мощным из жидкостных реактивных двигателей в мире. При этом топливная пара «керосин-кислород» является самой востребованной (табл.2).

Таблица 2.

Статистика орбитальных запусков 2019-го года с топливной парой керосин+кислород [6, с.482]

Семейство ракет-носителей	Вид топлива	Количество запусков	Процент от общего числа запусков
Р-7 (Россия)	керосин + жидкий кислород	18	17 %
Falcon (Falcon 9; США)	керосин + жидкий кислород	13	13 %
Электрон (Новая Зеландия)	керосин + жидкий кислород	6	6 %

Двигатель ракеты-носителя оснащен четырьмя камерами сгорания и работает на паре кислород-керосин. Экспериментальным исследованиям на эту тему была посвящена статья специалистов, по изучению лазерного воспламенения топлива кислород-керосин. «Главной задачей экспериментов являлось проведение испытаний рулевой и основной камер двигателей РД107 и РД108 с воспламенением топлива с помощью лазерного зажигательного устройства (ЛЗУ) в условиях, приближенных к штатным условиям запуска»[9, с.113-133].

Кроме экспериментальных исследований учтен опыт эксплуатации двигателей РД-180 и РД-191, о чем отмечают в своих публикация специалисты информационного агентства RT [5].

Таким образом, анализ основных технических характеристик перспективной РН «Союз-5» позволяет сделать вывод о том, что в ближайшем будущем данная ракета-носитель сможет дополнить и заменить существующие носители среднего класса, доставляющие полезную нагрузку на различные виды орбит, при этом, в ближайшие несколько лет самым востребованным топливом остается пара керосин+жидкий кислород.

Список литературы:

1. Абдуллин М.Р. Анализ и классификация путей совершенствования жидкостных ракетных двигателей одно- и многоразового использования на углеводородных и азотосодержащих горючих и охладителях // Материалы междунар. молодёжной науч. конф.: в 6 т. Казань, 2019. Т. 2. С. 314-320
2. АО «НПО Энергомаш»: официальный сайт. г. Химки Московской области, 2021. Режим доступа: http:// engine.space (дата обращения 07.09.21)
3. Ахметшин К.Ш. Сравнительный анализ способов регулирования тяги жидкостных и твердотопливных ракетных двигателей // Решетневские чтения. – 2013. – Т. 1. – С. 110-111
4. Дронь М.М. Исследование свойств инерционного регулятора системы регулирования тяги жидкостного ракетного двигателя // Омский научный вестник. – 2021. – Т. 5. – № 2. – С. 98-105
5. Латышев А. «Самый мощный в мире»: какими характеристиками будет обладать новый российский ракетный двигатель РД-171МВ // Информационное агентство RT: [сайт]. Москва, 2021. Режим доступа: http:// russian.rt.com/russia/article/664311-kosmos-raketa- soyuz-dvigatel (дата обращения 07.09.21)
6. Осико С.М. Экологические проблемы ракетно-космической деятельности: влияние ракетного топлива на состояние окружающей среды в районах падения отработавших ступеней // Молодой ученый. – 2020. – № 23 (313). – С. 482-485
7. Ракета-носитель «Союз-5» будет запущена в 2022 году / Информационное агентство ТАСС: [сайт]. Москва, 2017 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://tass.ru/pmef2017/articles/4299507 (дата обращения 07.09.21)
8. Роскосмос: официальный сайт. Москва, 2021. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://roscosmos.ru (дата обращения 07.09.21)
9. Экспериментальное исследование лазерного воспламенения топлива кислород-керосин в камерах ЖРД / В.К. Чванов // Труды НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко. – 2015. – № 32. – С. 113-133

СЕКЦИЯ

«МАШИНОСТРОЕНИЕ»

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС МАЛОАМПЕРНОЙ ДУГИ С НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ

Кочкалов Алексей Дмитриевич
студент,
кафедра "Оборудование и технология сварочного производства",
Волгоградский государственный технический университет,
РФ, г. Волгоград
E-mail: svarka-nv@vstu.ru

Фегай Владимир Юрьеввич
студент,
кафедра "Оборудование и технология сварочного производства",
Волгоградский государственный технический университет,
РФ, г. Волгоград

Копыльченко Даниил Евгеньевич
студент,
кафедра "Оборудование и технология сварочного производства",
Волгоградский государственный технический университет,
РФ, г. Волгоград

Ищанов Арман Куанович
студент,
кафедра "Оборудование и технология сварочного производства",
Волгоградский государственный технический университет,
РФ, г. Волгоград

Муругов Дмитрий Александрович
аспирант,
кафедра "Оборудование и технология сварочного производства",
Волгоградский государственный технический университет,
РФ, г. Волгоград

Полесский Олег Александрович
преподаватель, канд. техн. наук, доц.,
Волгоградский государственный технический университет,
РФ, г. Волгоград

Чудин Артем Алексеевич
старший преподаватель, канд. техн. наук,
Волгоградский государственный технический университет,
РФ, г. Волгоград

Красиков Павел Павлович
старший преподаватель, канд. техн. наук,
Волгоградский государственный технический университет,
РФ, г. Волгоград

Савинов Александр Васильевич
научный руководитель, д-р техн. наук, проф.,
Волгоградский государственный технический университет,
РФ, г. Волгоград

THERMAL BALANCE OF A LOW AMPED ARC WITH A NON-MELTING ELECTRODE

Alexey Kochkalov
Student,
Department "Equipment and technology of welding production",
Volgograd State Technical University,
Russia, Volgograd

Vladimir Fegay
Student,
Department "Equipment and technology of welding production",
Volgograd State Technical University,
Russia, Volgograd

Daniil Kopylchenko
Student,
Department "Equipment and technology of welding production",
Volgograd State Technical University,
Russia, Volgograd

Arman Ishanov
Student,
Department "Equipment and technology of welding production",
Volgograd State Technical University,
Russia, Volgograd

Dmitry Murugov
Post-graduate student,
Department of Equipment and Technology of Welding Production,
Volgograd State Technical University,
Russia, Volgograd

Oleg Polesskiy
Lecturer, candidate of technical sciences, associate professor,
Volgograd State Technical University,
Russia, Volgograd

Artem Chudin
Senior Lecturer, Candidate of Technical Sciences,
Volgograd State Technical Univesity,
Russia, Volgograd

Pavel Krasikov
Senior Lecturer, Candidate of Technical Sciences,
Volgograd State Technical Univesity,
Russia, Volgograd

Alexander V. Savinov
Scientific advisor, doctor of technical sciences, professor,
Volgograd State Technical University,
Russia, Volgograd

АННОТАЦИЯ

В работе исследован тепловой баланс малоамперной дуги. Показаны зависимости теплового потока в катод и анод от величины тока, диаметра и вылета неплавящегося электрода, длины дугового промежутка.

ABSTRACT

The work investigates the thermal balance of a low ampere arc. The dependences of the thermal flow in the cathode and anode on the amperage, the diameter of the non-consumable electrode and the length of the arc gap are shown.

Ключевые слова: малоамперная дуга, катод, анод, тепловой поток.

Keywords: low ampere arc, cathode, anode, thermal flow.

Процессы в приэлектродных областях электрической дуги в значительной мере определяют ее свойства: особенности возбуждения и развития разряда, его физическую и пространственную устойчивость, энергетические и технологические характеристики. Особую значимость для сварочной дуги имеют процессы, протекающие в катодной области, определяющие не только возможность существования разряда, но и применимость в конкретных условиях сварки [1].

К настоящему времени наиболее полно исследован тепловой баланс дуги постоянного тока с вольфрамовым электродом-катодом и медным водоохлаждаемым анодом в диапазоне токов от 20 до 200А [2 – 4]. В большинстве случаев тепловой поток в катод (т.е. в вольфрамовый электрод) в несколько раз меньше теплового потока в анод. Удельный тепловой поток (на 1А тока дуги) в катод уменьшается с ростом тока, изменяясь в пределах от 6 до 1 Вт/А [1], причем его значение оказывается меньше при меньшем диаметре электрода, а также при использовании в качестве его материала торированного вольфрама вместо чистого.

Анализ данных по тепловому балансу дуги позволяет не только определить оптимальные условия применения дуги для сварки, но и наметить пути повышения тепловой эффективности процесса [5].

Для экспериментального исследования теплового баланса малоамперной дуги с неплавящимся электродом применялась методика, описанная в работе [2]. Особенность ее заключается в том, что величина теплового потока рассчитывается по разности температур ΔT на базовом участке медного стержня – своеобразного датчика теплового потока (рис. 1):

$$W_{\text{а, к}} = \frac{\lambda_{\text{м}}}{h_{\text{м}}} \cdot \frac{\pi d_{\text{м}}^2}{4} \cdot \Delta T \,, \qquad (1)$$

где $W_{\text{а,к}}$ – тепловой поток в анод или катод; $\lambda_{\text{м}}$ – коэффициент теплопроводности меди; $d_{\text{м}}$ – диаметр медного стержня-датчика; $h_{\text{м}}$ – длина базового участка стержня-датчика.

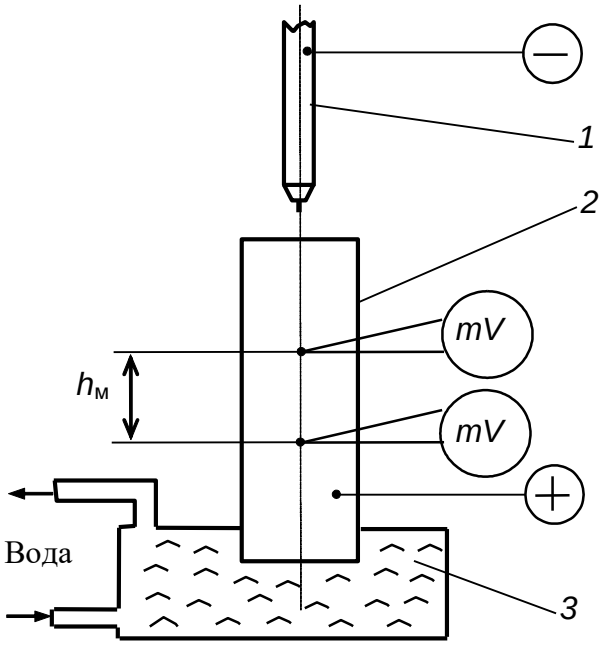


Рисунок 1. Схема лабораторного стенда для измерения теплового потока в анод: 1 – электрод, 2 – медный анод, 3 – узел охлаждения анода

На энергетический баланс малоамперной дуги в аргоне оказывают влияние диаметр электрода $d_в$, величина его вылета $L_в$ и ток дуги $I_д$. С ростом тока увеличивается доля тепла, поступающего в анод (в общей мощности дуги) и уменьшается катодная доля (рис. 2). Изменение диаметра электрода $d_в$ не влияет на характер этих зависимостей, однако абсолютные значения тепловых потоков в анод (рис. 3) и, особенно, в катод (рис. 4) существенно увеличиваются с ростом $d_в$. Влияние вылета электрода на тепловые характеристики дуги заметно при малых значениях $L_в$ (до 3 – 5мм) и становится малозаметным при больших его величинах. Объяснить этот факт можно изменением соотношения составляющих отвода тепла в тепловом балансе рабочего участка электрода. При малых значениях $L_в$ с его увеличением быстро уменьшается интенсивность охлаждения рабочего участка электрода теплопроводностью, следствием чего является уменьшение величины $W_к$, необходимой для разогрева катода до нужной температуры. При дальнейшем увеличении $L_в$ существенную роль начинают играть тепловыделение на омическом сопротивлении вылета электрода и отвод тепла излучением.

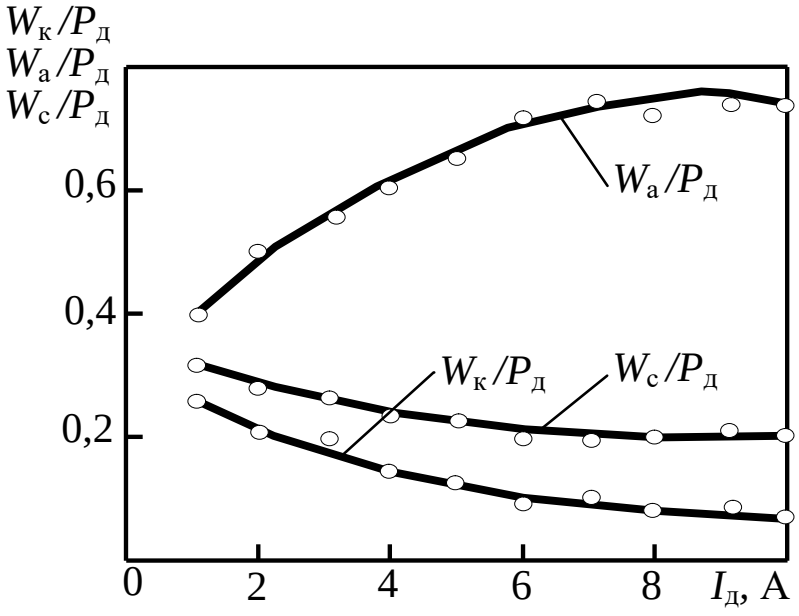


Рисунок 2. Изменение теплового баланса малоамперной дуги в зависимости от величины тока $I_д$: $d_в$ = 0,3 мм, $L_в$ = 2 мм, $L_д$ = 2 мм, $Q_г$ = 5 л/мин

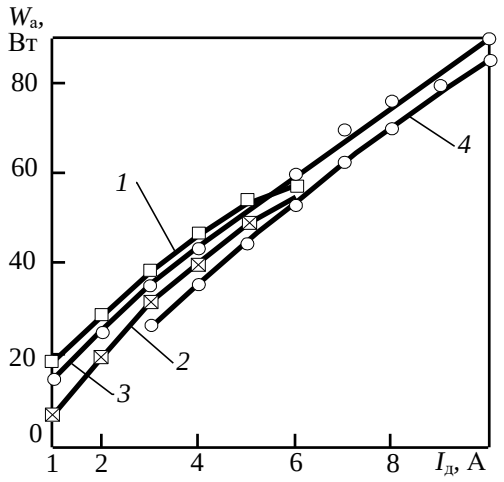


Рисунок 3. Изменение мощности теплового потока в анод $W_а$ малоамперной дуги: $d_в$ = 0,16 мм (1), 0,2 мм (2), 0,3 мм (3) и 0,5 мм (4); $L_д$ = 1мм; $Q_г$ = 5 л/мин

Изменение длины дуги практически не сказывается на абсолютной величине теплового потока в анод (рис. 5), что свидетельствует о незначительном влиянии энергии столба малоамперной дуги на тепловое состояние анода.

Величина удельного теплового потока (на 1 А тока) в анод малоамперной дуги с ультратонким электродом заметно больше, чем у «обычной» дуги, и превышает 9 Вт/А, причем в случае электрода диаметром 0,16 мм она составляет

12 … 15 Вт/А (в диапазоне токов 1 … 2 А). Объясняется это, тем, что у малоамперной дуги анодное падение напряжения выше обычного.

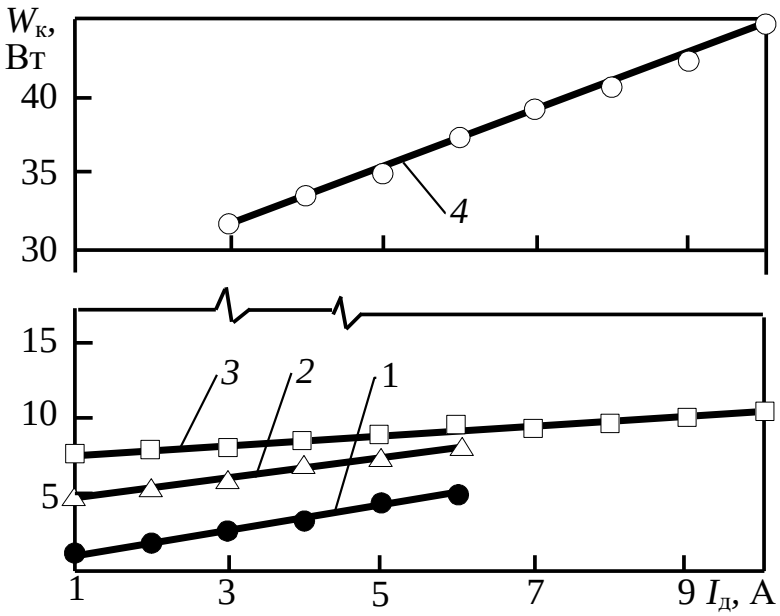


Рисунок 4. Влияние величины тока $I_д$ на мощность теплового потока в электрод – катод $W_к$ малоамперной дуги: $d_в$ = 0,16 мм (1); 0,2 мм (2); 0,3 мм (3) и 0,5 мм (4) ($L_в$ = 2 мм, $L_д$ = 2 мм, $Q_г$ = 5 л/мин)

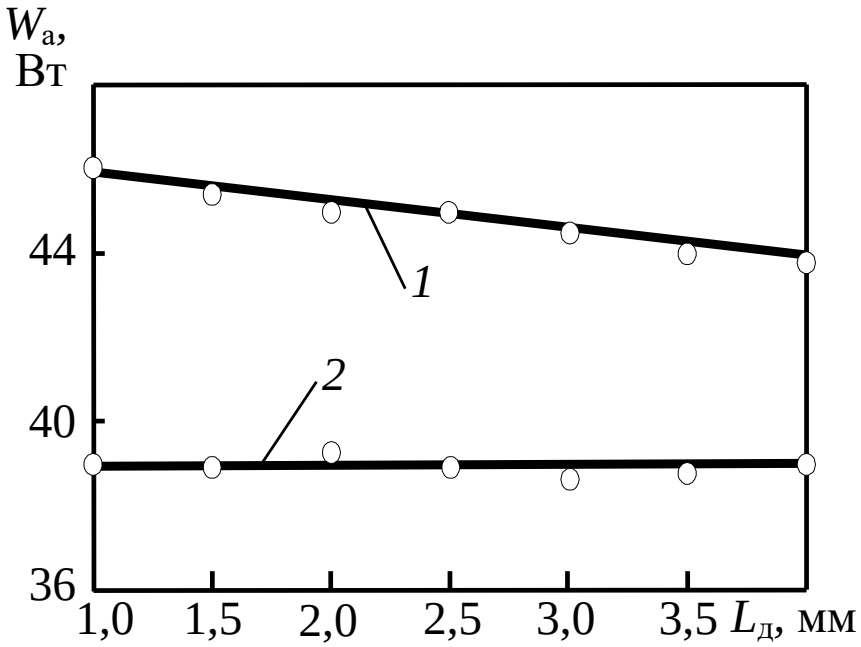


Рисунок 5. Мощность теплового потока в анод $W_а$ в зависимости от длины дуги $L_д$: 1 – $I_д$ = 2,95 … 3 А, 2 – $I_д$ = 4,5 … 4,9 А; $d_в$ = 0,3 мм, $L_в$ = 4 мм, $Q_г$ = 5 л/мин

Удельный тепловой поток в катод малоамперной дуги с ультратонким электродом (рис. 4) уменьшается с ростом тока от 7,5 до 1,1 Вт/А (для электрода диаметром 0,3 мм), т. е. находится примерно в тех же пределах, что и для дуги при существенно бóльших значениях тока.

Нагрев анода конвективным путем, т.е. за счет теплопередачи от потока плазмы, как показали опыты, несущественен. Об этом свидетельствует тот факт, что трехкратное увеличение расхода аргона практически не повлияло на эффективность нагрева металла малоамперной дугой. Не сказывается существенно изменение расхода аргона и на тепловом потоке в неплавящийся электрод, если длина вылета последнего не превышает 2 – 3мм.

Таким образом, тепловые характеристики малоамперной дуги с ультратонким вольфрамовым электродом в качественном отношении мало отличаются от аналогичных характеристик «обычной» дуги. Некоторые количественные отличия их обусловлены особенностями существования малоамперного дугового разряда и зависимостью их от диаметра электродов. При этом удельный тепловой поток в анод от малоамперной дуги существенно выше, что говорит о более высокой эффективности нагрева свариваемого металла и хороших перспективах применения для сварки ультратонких неплавящихся электродов. Применение электродов новой конструкции при сварке в инертных газах оправданно не только с точки зрения расширения диапазона сварочных токов, но и качества формирования шва.

Выводы

1. Тепловые характеристики малоамперной дуги с ультратонким вольфрамовым электродом в качественном отношении мало отличаются от аналогичных характеристик «обычной» дуги.

2. Удельный тепловой поток в анод от малоамперной дуги существенно выше, что говорит о более высокой эффективности нагрева свариваемого металла.

Список литературы:

1. Савинов А.В., Лапин И.Е., Лысак В.И. Дуговая сварка неплавящимся электродом. М: Машиностроение, 2011. – 477 с.
2. Косович В.А., Маторин А.И., Седых В.С. Повышение эффективности нагрева металла при аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом // Сварочное производство. – 1981. – № 3. – С. 29 – 30.
3. Косович В.А., Лапин И.Е., Русол О.А. Технологические особенности сварки малоамперной дугой с ультратонким вольфрамовым электродом // Сварочное производство. – 1999. – №1. – С.15-17.
4. Моррис А. Исследование дуги постоянного тока. Получение и исследование высокотемпературной плазмы. – М.: Иностр. лит., 1962. – С.152-163.
5. Лапин И.Е., Косович В.А. Неплавящиеся электроды для дуговой сварки. – Волгоград: Политехник, 2001. – 190с.

СЕКЦИЯ

«НАНОТЕХНОЛОГИИ»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Шумарина Наталья Евгеньевна
магистрант,
кафедра машины и аппараты промышленных технологий,
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск
E-mail: rayz.sasha@mail.ru

Батракевич Егор Матвеевич
магистрант,
кафедра машины и аппараты промышленных технологий,
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск

Шуркина Валентина Ивановна
научный руководитель, канд. техн. наук,
кафедра машин и аппаратов промышленных технологий,
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск

PROSPECTS FOR THE USE OF WOOD PULP IN THE PULP AND PAPER INDUSTRY

Natalia Shumarina
Undergraduate,
Department of Machines and Devices
of Industrial Technologies, Siberian State University
of Science and Technology. ac.M.F. Reshetneva,
Russia, Krasnoyarsk

Egor Batrakevich
Undergraduate,
Department of Machines and Devices
of Industrial Technologies, Siberian State University
of Science and Technology. ac.M.F. Reshetneva,
Russia, Krasnoyarsk

Valentina Shurkina
Scientific supervisor, candidate
of technical sciences, department of Machines and Apparatus
of Industrial Technologies ac.M.F. Reshetneva,
Russia, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

Был проведен анализ научно – технической литературы, который показал, что в настоящее время объем производства полуфабрикатов с высоким выходом из древесины сравнительно выше, чем объем производства целлюлозы, что непосредственно связано с расширением области применения химико – термомеханической массы.

ABSTRACT

The analysis of scientific and technical literature was carried out, which showed that at present the volume of production of semi – finished products with a high yield from wood is relatively higher than the volume of pulp production, which is directly related to the expansion of the field of application of chemical and thermomechanical mass.

Ключевые слова: ХТММ, волокнистые полуфабрикаты, химическая переработка, древесная масса.

Keywords: HTMM, fiber semi-finished products, chemical processing, wood pulp.

Современная целлюлозно – бумажная промышленность производит широкий спектр бумаги и картона различного назначения. Качество и внешний вид продукции варьируются в очень широком диапазоне. Одним из методов достижения разнообразия свойств является использование в композиции бумаги или картона нескольких отличных по свойствам волокнистых полуфабрикатов, таких как целлюлоза, полуцеллюлоза и механические массы. До настоящего момента основным является целлюлоза, так как большинство массовых видов бумаги и картона вырабатывается именно из этого полуфабриката [4].

В то же время целлюлоза достаточно дорогостоящий материал, метод выработки которого вызывает значительные нарекания с экологической точки зрения. В последствие чего ученые и так же непосредственно производители бумаги ведут поиск и разработку полуфабрикатов, которые способны заменить целлюлозу в композиции без ущерба качеству бумаги. На сегодня такой альтернативой являются механические древесные массы.

По мере развития химии, а также химической технологии древесина стала приобретать все большую значимость в качестве сырья для химической переработки. Характерной чертой древесного сырья считается его быстрая естественная и непрерывная возобновляемость.

Существуют различные виды механической древесной массы. В данной статье в качестве примера будет рассмотрена химико – термомеханическая масса (ХТММ), как масса с высоким выходом из древесины [5].

ХТММ – это химико – термомеханическая масса, получаемая путем совместной химической и термогидролитической обработки и размола щепы. Щепу предварительно нагревают до температуры около 100°С в присутствии химикатов или предварительно обрабатывают щепу химикатами перед нагревом. Полученную волокнистую массу в последствие обрабатывают паром и после размалывают в две ступени под давлением [2].

Непосредственно процесс получения ХТММ по сравнению с другими обладает рядом преимуществ:

- меньшие капитальные расходы;
- высокий выход массы из древесины (85 – 92%);
- значительное сокращение вредных газовых выбросов в атмосферу по сравнению с производством целлюлозы;
- полная автоматизирование технологических процессов;
- цена конечного продукта.

Усовершенствование процесса получения ХТММ, а также его модификация с учетом начального древесного сырья различных пород делает его целесообразным, беря во внимание, что на этот момент все больше процессов в целлюлозно-

бумажной промышленности ориентированы на разработку и внедрение ресурсосберегающих и экологически неопасных технологий. Это является актуальной проблемой в настоящее время [1].

Производство ХТММ

Современные предприятия, которые занимаются производством ХТММ могут характеризоваться наличием следующих отличительных черт технологического характера:

- пропитка щепы многоступенчатая;
- промывка многоступенчатая (так же между ступенями размола);
- двух-, трехступенчатый размол;
- фракционирование и так далее.

Рассмотрим процессы получения ХТММ

Процесс Сундс-Дефибратор (рис. 1) считается типовым по последовательности операция, режиму обработки и принципиальному аппаратному оформлению. Хвойная и лиственная древесина перерабатывается по разным режимам химической и тепловой обработки.

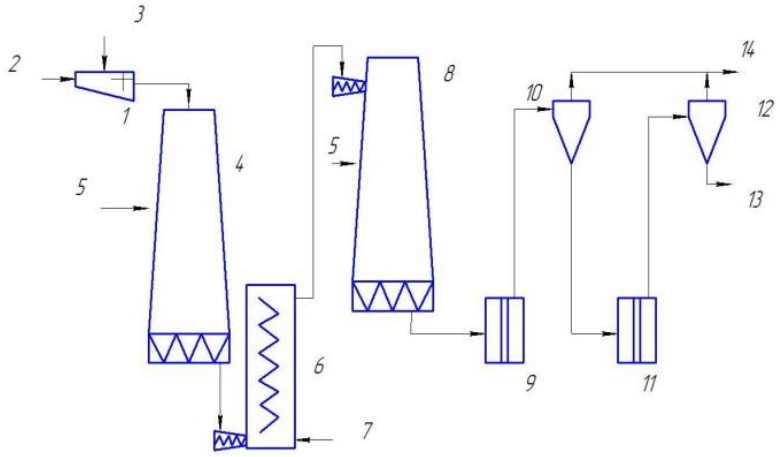


Рисунок 1. Схема процесса Сундс – Дефибратор: 1 – установка промывки щепы; 2 – щепа со склада сырья; 3 – оборотная вода; 4 – бункер щепы; 5 – пар; 6 – импрегнатор «Прекс»; 7 – растворы реагентов; 8 – припарочная камера с винтовым питателем; 9 – рафинер первой ступени размола; 10 – первый расширительный циклон; 11 – рафинер второй ступени размола; 12 – второй расширительный циклон; 13 – ХТММ на дальнейшую обработку; 14 – пар в установку рекуперации тепла

Древесина подвергается предварительной обработке. Щепа, которая поступает со склада пропитывается холодным раствором сульфита натрия предварительно после промывки и продувки паром. Расход сульфита должен составлять 3% от массы древесины. Описанная выше операция проводится в ипрегнаторе «Прекс». «Прекс» – это вертикальная емкость с винтообразным питателем и перемещающим механизмом шнекового типа. Сжатие щепы в питателе способствует удалению из нее остатков воздуха, излишка влаги, а также части экстрактивных элементов. Дальнейшая неполная релаксация объема древесины гарантирует скорую и достаточно полную пропитку веществом реагента. Уже после прогрева острым паром в пропарочной камере в течение 2–5 минут при 120–135 °С щепа размалывается под давлением в два этапа.

С целью обработки древесины необходимо воздействие сульфита натрия с расходом до 3% и щелочного реагента – гидроксида натрия с расходом 1 – 2%, либо карбоната натрия с расходом от 1,5 до 4% в течение 2 – 5 минут при температуре 100 – 120 °С [3].

Процесс Пакс (рис. 2), созданный шведской компанией Целлеко, базируется на том, что даже неглубокое сульфирование древесины может заметно повысить степень пластификации лигнина. Первая промышленная установка запущена в США в 1985 году. Щепа уже после продувки паром пропитывается холодным 0,2%-ным раствором сульфита натрия и подвергается кратковременному нагреву при 115 °С.

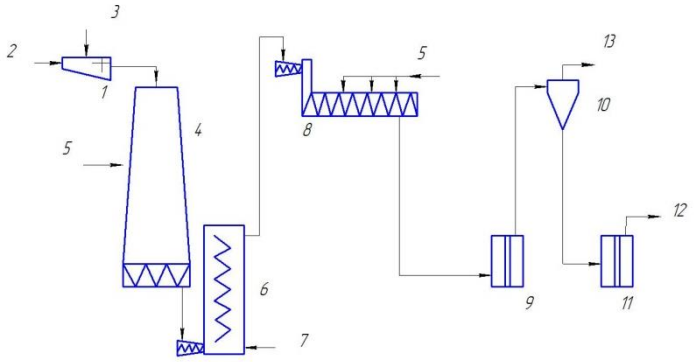


Рисунок 2. Схема процесса Пакс: 1 – установка промывки щепы; 2 – щепа со склада сырья; 3 – оборотная вода; 4 – бункер щепы; 5 – пар; 6 – импрегнатор «Прекс»; 7 – растворы реагентов; 8 – припарочная камера с винтовым питателем; 9 – рафинер первой ступени размола; 10 – первый расширительный циклон; 11 – рафинер второй ступени размола; 12 – ХТММ на дальнейшую обработку; 13 – пар в установку рекуперации тепла

Первая стадия размола осуществляется при повышенном давлении, вторая – при атмосферном. Волокнистый полуфабрикат из хвойной древесины получается с выходом выше 96% и хорошими прочностными свойствами. При этом более результативно, чем при других способах производства ХТММ, решаются задачи уменьшения расхода химикатов, а также очищения стоков.

При производстве ХТММ благодаря химической обработке и большему разрушению лигноуглеводного комплекса вследствие количество длинных волокон возрастает с 30 до 50%. В данном случае волокна преобретают необходимую гибкость и фибриллированность с целью формирования необходимых межволоконных связей, которые способствуют более прочному скреплению отдельных волокон в бумажный лист.

Заключение

Выполненный анализ научно – технической литературы показал, что ХТММ обладает всеми важными свойствами, которые необходимы для получения качественной продукции при ее сравнительно невысокой цене. По этой причине ХТММ можно причислить к перспективным волокнистым полуфабрикатам с целью изготовления бумаги и картона.

Список литературы:

1. Коваленко, М.В. Возможность производства полуфабрикатов высокого выхода из древесины лиственницы / М.В. Коваленко, Д.С. Казымов // Materialy VIII Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzen Europy. – 2012. – Vol. 35. – P. 58-61.
2. Непенин, Ю.Н. Современные полуфабрикаты высокого выхода для производства печатных видов бумаги / Ю.Н. Непенин, В.А. Жалина, С.С. Пузырев. – М.: ВНИПИЭИ-леспром, 1986. – Вып. 8. – 48 с.
3. Никитин, Н.И. Химия древесины и целлюлозы / Н.И. Никитин. – Л.: АН СССР, 1962. – 711 с.
4. Технология целлюлозно-бумажного производства: справ. материалы: в 3 т. Т.1: Древесное сырье и производство полуфабрикатов; Ч. 3: Производство полуфабрикатов. – СПб.: ВНИИБ, 2004. – 316 с.
5. Шамко, В.Е. Полуфабрикаты высокого выхода / В.Е. Шамко. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 56 с.

СЕКЦИЯ

«ТЕХНОЛОГИИ»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗМОЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАРНИТУРЫ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМОЙ НОЖЕЙ

Батракевич Егор Матвеевич
магистрант,
кафедра машины и аппараты промышленных технологий,
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск
E-mail: cool.cronchtad@yandex.ru

Шумарина Наталья Евгеньевна
магистрант,
кафедра машины и аппараты промышленных технологий,
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск

Шуркина Валентина Ивановна
научный руководитель, канд. техн. наук,
кафедра машин и аппаратов промышленных технологий,
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск

COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICAL AND MECHANICAL INDICATORS WHEN MILLING DIFFERENT KINDS OF RAW MATERIALS USING A HEADSET WITH A CURVOLINEAR SHAPE OF KNIVES

Egor Batrakevich
Undergraduate,
Department of Machines and Devices of Industrial Technologies,
Siberian State University of Science and Technology. ac.M.F. Reshetneva,
Russia, Krasnoyarsk

Natalia Shumarina
Undergraduate,
Department of Machines and Devices
of Industrial Technologies, Siberian State University
of Science and Technology. ac.M.F. Reshetneva,
Russia, Krasnoyarsk

Valentina Shurkina
Scientific supervisor, candidate of technical sciences,
Department of Machines and Apparatus
of Industrial Technologies, Siberian State University
of Science and Technology. ac.M.F. Reshetneva,
Russia, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

В статье был произведён сравнительный анализ физико-механических показателей бумажных образцов, полученных в результате помола различного сырья с использованием гарнитуры с криволинейной формой ножей.

ABSTRACT

The article contains a comparative analysis of the physical and mechanical parameters of paper samples obtained as a result of grinding various raw materials using a set with a curved shape of knives.

Ключевые слова: целлюлоза, гарнитура, разрывная длина, степень помола.

Keywords: cellulose, grinding, breaking length, grinding degree.

Во многом благодаря физико-механическим свойствам бумага, картон и изделия из них получили широкое применение во многих отраслях промышленности. Основными свойствами, определяющими механическое поведение материалов являются деформация и разрушение материалов под действием приложенных сил.

Испытание на растяжение является важным испытанием при оценке качества целлюлозно-бумажных материалов. Государственный стандарт устанавливает определение прочности про трём основным характеристикам: разрывной длине

L, разрушающему усилию P и пределу прочности при растяжении (точнее, разрушающему напряжению) σ_p [1].

Исследования проводились на полупромышленной мельнице с использованием размалывающей ножевой гарнитуры с криволинейной формой ножей [2], при зазоре между ротором и статором дисковой мельницы 0,1 мм.

В качестве материала использовались два вида беленой сульфатной целлюлозы лиственная и хвойная РОП ОАО «Группа «Илим» в г. Братске с начальным градусом помола 15 °ШР со следующими концентрациями: 1 %; 1,75 %; 2,44 % – лиственная и 1 %; 2 %; 3 % – хвойная.

Рассмотрим зависимость разрывной длины образцов от степени помола (рис. 1, 2). В результате воздействия растягивающей нагрузки в бумажном образце возникают несколько стадий развития деформаций, предшествующих окончательному разрушению: упругая, замедленно-упругая и деформация в области предразрушения, происходящая в условиях усиления процессов разрушения и заканчивающаяся разрывом образца на части [3]. Как видно из рисунка 1, показатель разрывной длины бумажного образца, полученного из лиственного сырья, увеличивается до 45 °ШР, а потом идет спад этого показателя. Аналогичное явление можно увидеть на рисунке 2, где показатель разрывной длины бумажного образца, полученного из хвойного сырья, увеличивается до 55 °ШР, а затем также падает. Это обусловлено тем, что в волокне после 45 °ШР содержится большое количество мелкой фракции, что снижает качественный показатель готовой отливки. Использование зависимости разрывная длина – степень помола даёт возможность качественной оценки деформации в испытуемом образце. Исследование соотношения данных значений является важным для изучения закономерностей деформирования, а также для оптимизации технологий производства материалов с заданной деформативностью, что внесет большой вклад в получение новых материалов с улучшенными свойствами [4].

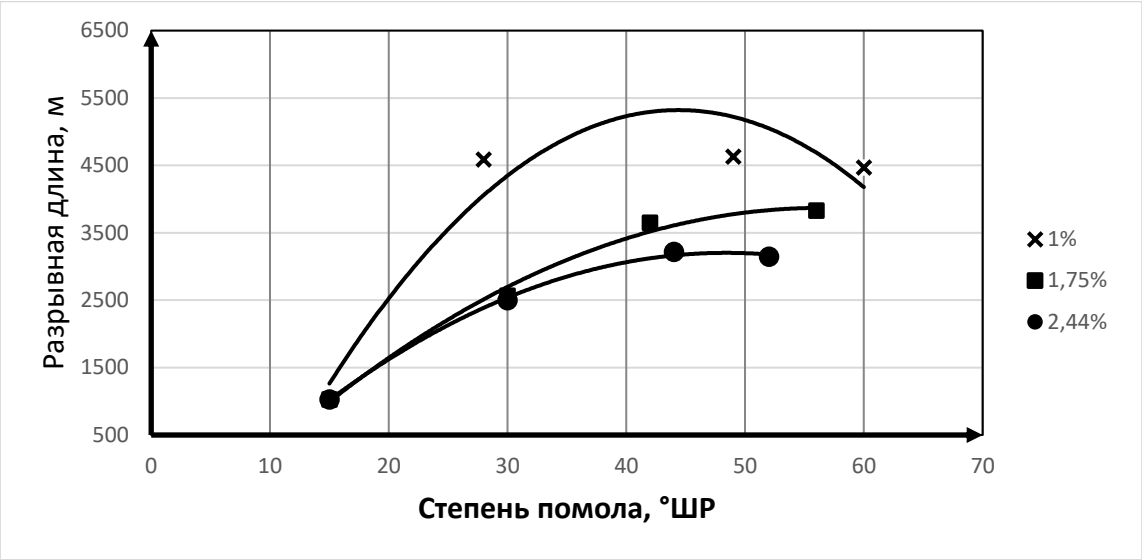


Рисунок 1. Зависимость разрывной длины от степени помола размола: 1 % – лиственная целлюлоза с концентрацией 1 %; 1,7 5% – лиственная целлюлоза с концентрацией 1,75 %; 2,44 % – лиственная целлюлоза с концентрацией 2,44 %

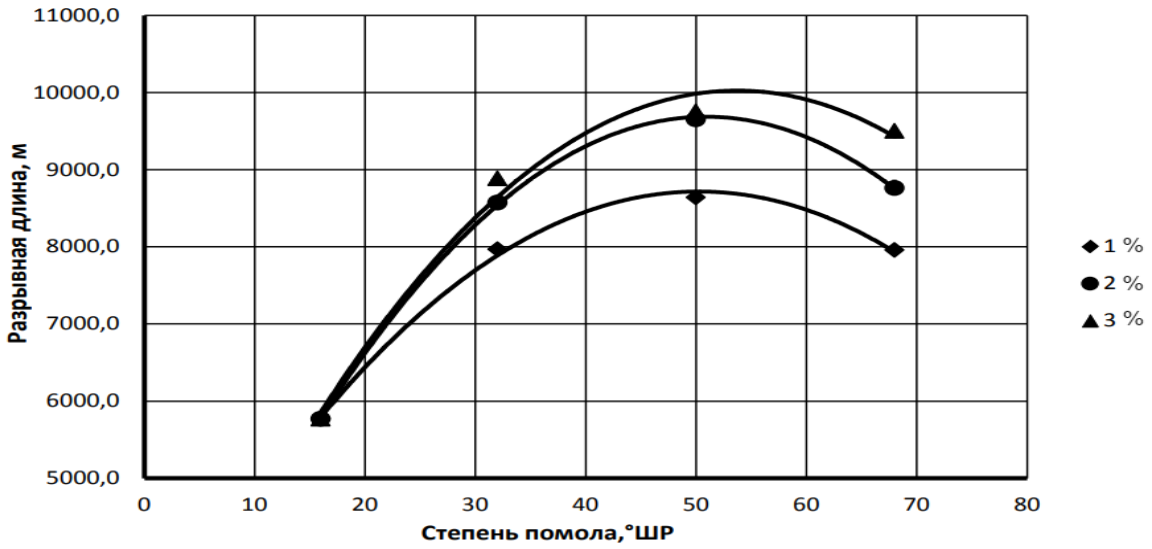


Рисунок 2. Зависимость разрывной длины от степени помола: 1 % – хвойная целлюлоза с концентрацией 1 %; 2 % – хвойная целлюлоза с концентрацией 2 %; 3 % – хвойная целлюлоза с концентрацией 3 %

Далее рассмотрим зависимость сопротивления продавливания от степени помола (рис. 3, 4). Сопротивление продавливанию – сложная функция сопротивления разрыву и удлинения бумаги до разрыва. Экспериментально доказано, что данный показатель прочности бумаги увеличивается с повышением значений

разрывной длины, эти показатели напрямую связаны друг с другом [5]. Как видно из рисунков 2; 3, сопротивление продавливанию в бумажном образце растет с увеличением степени помола сырья. Однако если у сырья чрезмерно высокая степень помола, то сопротивление продавливанию значительно снижается, это связано со значительным укорачиванием волокон и снижением степени удлинения бумаги до разрыва.

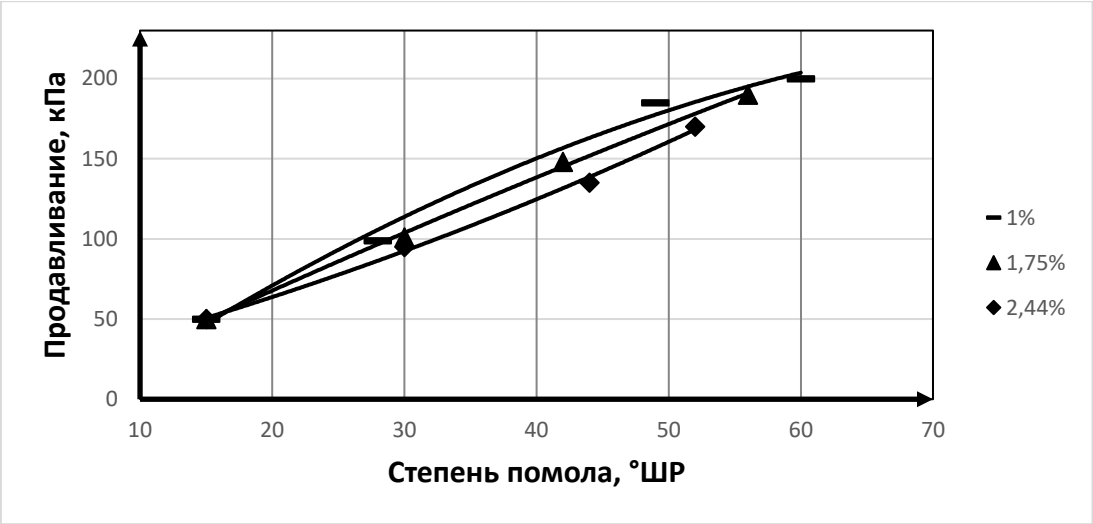


Рисунок 3. Зависимость сопротивления продавливания от степени помола: 1 % – лиственная целлюлоза с концентрацией 1 %; 1,7 5% – лиственная целлюлоза с концентрацией 1,75 %; 2,44 % – лиственная целлюлоза с концентрацией 2,44 %

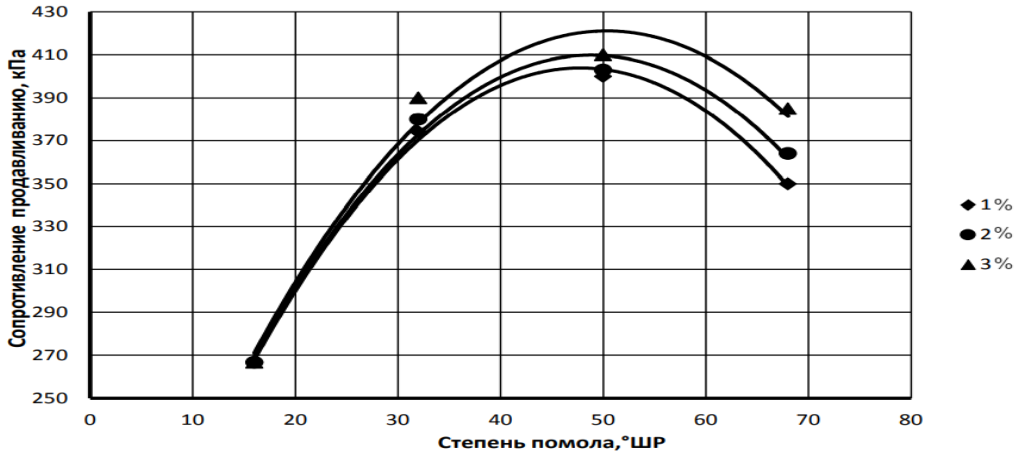


Рисунок 4. Зависимость сопротивления продавливания от степени помола: 1 % – хвойная целлюлоза с концентрацией 1 %; 2 % – хвойная целлюлоза с концентрацией 2 %; 3 % – хвойная целлюлоза с концентрацией 3 %

Выводы

1. Сопротивление продавливанию и разрывная длина две взаимосвязанные и важные характеристики целлюлозно-бумажной продукции.

2. Исследование соотношений разрывная длина – степень помола, сопротивление продавливания – степень помола является важным для изучения закономерностей деформирования, помогает дать оценку качества целлюлозно-бумажной продукции, а также способствует получению новой продукции с лучшими физическими свойствами.

3. Качественные показатели физико-механических свойств бумажных образцов в ходе эксперимента продемонстрировали одинаковые результаты, количественные же показатели образцов из хвойного сырья оказались в разы выше показателей образцов из лиственного сырья.

4. Разработанную на кафедре машины и аппараты промышленных технологий ножевую гарнитуру с криволинейной формой ножей целесообразнее использовать для обработки массы из хвойной целлюлозы.

Список литературы:

1. ГОСТ 135525.1-79. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Метод определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении. Взамен ГОСТ 13525.1-68. Введ. 01.01.80 – М.: 1986.
2. Батракевич Е.М., Шумарина Н.Е., Шуркина В.И. Ножевая гарнитура с криволинейной формой ножей // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. XCIV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 10(93). -С. 33-37.
3. Комаров В.И. Анализ зависимости напряжение-деформация при испытании на растяжение целлюлозно-бумажных материалов // ИВУЗ. Лесн. журн. – 1993. – № 2-3. -С. 123-131.
4. Комаров В.И. Механизм разрушения целлюлозно-бумажных материалов // ИВУЗ. Лесн. журн. – 1999. -№4.-С.96-103.
5. Мусина Л.Р. Условия достижения высоких показателей механической прочности целлюлозно-бумажных материалов / ЛР. Мусина, М.Ф. Галиханов // Вестник Каз. технол. ун-та. – 2011.- № 5. – С. 44-46.

ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ГРП В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ

Лучкин Максим Алексеевич
студент, магистр,
кафедра РЭНГМ, Институт геологии и нефтегазодобычи,
Тюменский Индустриальный Университет,
РФ, г. Тюмень
E-mail: krkoroleva@yandex.ru

Коровин Константин Владимирович
научный руководитель, канд. техн. наук, доц.,
кафедра РЭНГМ, Институт геологии и нефтегазодобычи,
Тюменский Индустриальный Университет,
РФ, г. Тюмень

АННОТАЦИЯ

При разработке нефтяных месторождений применяют различные методы воздействия на пласт и призабойную зону пласта, направленные на максимально эффективное и экономически рентабельное извлечение нефти. Одним из направлений повышения эффективности может быть использование технологии «Многоступенчатого ГРП в горизонтальной скважине».

Ключевые слова: горизонтальная скважина, МГРП, трещина.

Для вовлечения в работу коллекторов Дкт месторождения с пониженными и низкими коллекторскими свойствами, с пониженной продуктивностью (высокая слоистость и неоднородность по разрезу, низкие коллекторские свойства) использование наклонно-направленных скважин (с ГРП) имеет высокие риски (геологические и экономические) по получению рентабельного дебита нефти.

Одним из направлений повышения эффективности может быть использование технологии «Многоступенчатого ГРП в горизонтальной скважине». Многоступенчатое ГРП в горизонтальной скважине позволяет:

- Увеличить продуктивность за счет увеличения площади дренирования скважины;

- Получить равномерный охват пласта по горизонтальному участку скважины;
- Увеличить запускные дебиты скважин.

Технология строительства забоя в горизонтальной скважине при рассматриваемой технологии позволяет выполнять обработки пласта для неограниченного числа продуктивных зон горизонтальных скважин без использования извлекаемых или разбуриваемых мостовых пробок для изоляции зон, формировать запланированное число трещин ГРП вдоль горизонтальной части ствола

Преимущества технологии:

- Обеспечивает размещение трещины в целевом интервале, что обычно трудновыполнимо в горизонтальных участках скважин
- Интенсифицирует приток в нескольких зонах и поддерживает герметичность ствола в процессе заканчивания скважины
- Муфты можно переключать при помощи обычной ГНКТ или НКТ.
- Муфты можно переключать механическим способом при помощи механического или гидравлического переключающего устройства
- При использовании версии, срабатывающей при сбрасывании шаров, обеспечивается непрерывная обработка всех интервалов, что значительно снижает затраты времени и средств на стимуляцию каждого интервала
- Возможность изоляции выбранных зон от остальной части эксплуатационной колонны в случае поступления в зону воды.
- Возможность селективной интенсификации выбранных зон в будущем

Недостатки технологии:

- Увеличение расходов на оборудование для заканчивания скважины несмотря на то, что такое увеличение компенсируется сокращением времени заканчивания скважины и, таким образом, снижением расходов на капитальный ремонт скважин и повышением продуктивности, а также снижением расходов на время и стоимость проведения операций ГРП.

- При резком наборе кривизны скважины во время бурения впоследствии могут усложниться условия для манипуляции ГНКТ либо НКТ внутри муфт и хвостовика (разбурка шаров, промывка и т.п.)

Технология многоступенчатого ГРП будет иметь значительную эффективность при использовании в пластах со значительным коэффициентом расчлененности или в пласте с низким значением вертикальной проницаемости, поскольку после проведения будут подключены все пропластки. Применение данной технологии может быть альтернативным вариантом разработки, поскольку две (или более) вертикальные скважины с ГРП, (в зависимости от длины горизонтальной части ствола), могут быть заменены горизонтальной скважиной с многоступенчатым ГРП.

Используя серию многосекционного стимулирования и передовые многосекционные технологии, многосекционная система стимуляции дает возможность выполнить оптимальное количество этапов стимуляции. В основу разработки данным методом положены принципы сокращения расходов на освоение скважин, повышение выработки и увеличения добычи.

Данными многосекционными системами выполняется оптимальное количество стимуляционных секций разрывов пластов для более широкого доступа к пластовому резервуару горизонтальной скважины на ее максимальной протяженности. Дает возможность контролировать глубину и месторасположение стимулируемых участков, увеличивая добычу и сокращая затраты.

Список литературы:

1. «Проект пробной эксплуатации месторождения» (протокол ЦКР Роснедра № 4226 от 17.07.2008 г.).
2. «Проект пробной эксплуатации месторождения» (протокол ЦКР Роснедра № 5115 от 24.12.2010 г.).
3. «Технологическая схема разработки месторождения» (протокол ЦКР Роснедра № 5578 от 13.12.2012 г.).

БУДУЩЕЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: РЕЦИКЛИНГ

Слизикова Елена Александровна
магистрант,
кафедра машины и аппараты промышленных технологий,
Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск
E-mail: 905426521lena@mail.ru

Шуркина Валентина Ивановна
научный руководитель, канд. техн. наук,
кафедра машины и аппараты промышленных технологий,
Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
РФ, г. Красноярск

THE FUTURE OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY: RECYCLING

Elena Slizikova
Master's student,
department of machines and devices of industrial technologies,
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Russia, Krasnoyarsk

Valentina Shurkina
Scientific supervisor, candidate of technical sciences,
department of machines and devices of industrial technologies,
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Russia, Krasnoyarsk

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен вопрос рециклинга макулатуры при производстве картона и бумаги. Также рассмотрено влияние технологических операций процесса переработки вторичного сырья на физико-химические и бумагообразующие свойства конечного продукта.

ABSTRACT

The article considers the issue of recycling of waste paper in the production of cardboard and paper. The influence of technological operations of the process of

processing secondary raw materials on the physico-chemical and paper-forming properties of the final product is also considered.

Ключевые слова: макулатурная масса, переработка, вторичные волокна, бумага.

Keywords: waste paper, recycling, secondary fibers, paper.

Несмотря на современное развитие общества, создание интернета, электронных носителей человек все также потребляет большое количество бумаги. Эта проблема оказывает значительное влияние на окружающую среду, вызывая изменение климата, сокращая биологическое разнообразие, исчезают уникальные породы древесины. Однако при применении рециклинга макулатуры в бумажно-картонной промышленности можно приуменьшить данную проблему, где рециклинг – разновидность переработки отходов, связанная с повторным использованием сырья по прямому назначению. Он подразумевает возврат сырья, прошедшего обработку, в производственный цикл.

Трудность технологии производства бумаги состоит в том, что древесное волокно является достаточно пластичным и влажным, бумага из него получается прочной и мягкой. А при переработке самой бумаги волокна целлюлозы в ней высушены, поэтому бумага получается низкого качества. Это оказывает большое влияние на товары, которые получают из переработанной макулатуры. В основном из такого сырья изготавливают туалетную бумагу, упаковочный картон и салфетки. Но даже при таком ограниченном производстве товаров из переработанной макулатуры можно значительно снизить расходы древесины [1].

Преимущества, стимулирующие увеличение использования макулатурного сырья, заключается в следующем:

1. Переработка макулатуры уменьшает объемы вырубки леса: в качестве сырья одна тонна макулатуры заменяет 2–4 м^3 древесины или 4–7 деревьев. Что дает возможность сократить вырубку лесов на заготовку, лесовосстановление и доставку.

2. Использование макулатуры, извлеченной из твердых бытовых отходов, приводит к снижению объемов свалок в городе и потребности в оборудовании для переработки отходов [6].

Однако расширение оборота макулатуры сдерживается не только повышением требований к качеству готового продукта, но и снижением качественных характеристик вторичного волокна.

Процесс подготовки макулатурной массы (ММ) для производства, как показывает практика работы предприятий, включает в себя такие технологические операции как [2]:

1) разволокнение макулатуры на пучки волокон и отдельные фрагменты с удалением из массы крупных посторонних включений;

2) дополнительный роспуск фрагментов макулатуры и пучков волокон в массе на отдельные волокна, совмещенный очисткой ММ в циклонных очистителях от мелких тяжелых включений;

3) удаление частиц краски, песчинок, клейких включений и т.д. посредством грубого и тонкого сортирования и очитки;

4) в целях отделения коротковолокнистой фракции – фракционирование суспензии вторичных волокон по их размеру;

5) размол макулатурной массы для обеспечения фибриллирования, пластификации, а также набухания вторичных волокон, для обеспечения частичного восстановления бумагообразующих свойств.

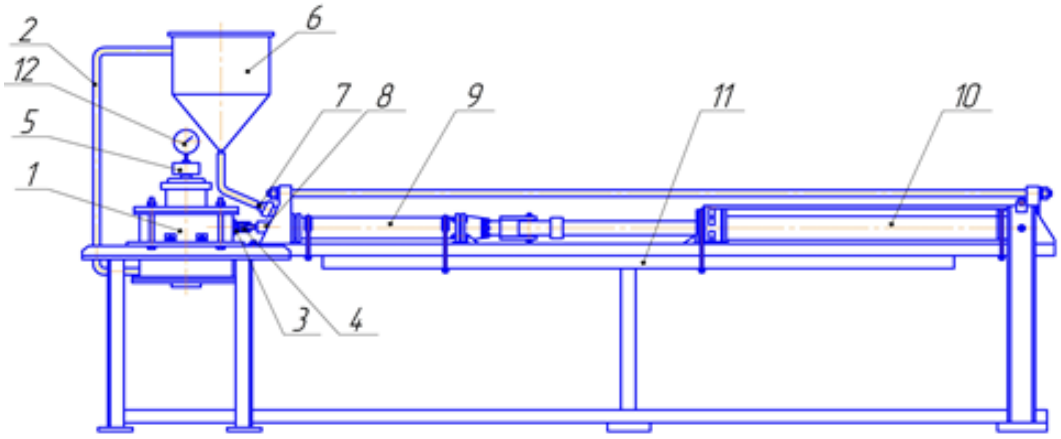
В отличие от первичных волокнистых материалов, макулатурная масса, представляет собой многокомпонентную систему, которая характеризуется высокой неоднородностью и полидисперсностью. Поэтому необходимо бережно, с сохранением целостности волокон при минимальном измельчении осуществлять роспуск волокон [6].

Перечисленные выше технологические операции позволяют осуществлять подготовку ММ для получения бумажно-картонной продукции различного назначения. Однако в результате влияния технологических стадий и процессов переработки картона и бумаги, в частности сушки и размола, физическая и

химическая структура волокон испытывают необратимые изменения по сравнению с первичными волокнами, что является причиной ухудшения бумагообразующих свойств вторичного волокна [3]:

- понижение прочности определенных волокон, потеря гибкости;
- ороговение поверхности, которое приводит к частичной потере способности к образованию химических связей;
- снижение способности к набуханию;
- повышенная восприимчивость к измельчению;
- наряду с целыми волокнами появляются волокнистая мелочь, разорванные, раздавленные с поперечными трещинами волокна.

В работах Алашкевича Ю.Д., Марченко Р.А. [5] было выявлено, что безножевой размол оказывает более щадящее воздействие на вторичное волокно. В СибГУ им. М.Ф.Решетнева на кафедре Машины и аппараты промышленных технологий разработана установка безножевого размола типа "Струя-преграда" (рис. 1).



1 – узел безножевого размола; 2 – трубопровод возврата; 3 – раструб; 4 – насадка; 5 – тормозное устройство; 6 – емкость; 7 – всасывающий клапан; 8 – выпускной клапан; 9 – рабочий цилиндр; 10 – приводной цилиндр; 11 – рама; 12 – тахометр.

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки «струя–преграда»

Она доказала свою эффективность при работе с вторичным волокнистым сырьем [4]. Это подало идею выяснить, сколько циклов обработки может быть проведено на этой установки для макулатурной массы из тарного картона,

прежде чем масса потеряет свои бумагообразующие свойства, что приведет к достаточно низким физико-механическим характеристикам готовой продукции.

Таким образом, макулатура является весьма перспективным волокнистым материалом для производства бумаги и картона. Однако рециклинг макулатурной массы может привести к постепенному ухудшению бумагообразующих свойств. Поэтому сейчас важно изучать и внедрять новые технологии по переработке макулатуры, которые будут способны сохранять бумагообразующие свойства конечной продукции.

Список литературы:

1. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Коновалова Г.Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры. – Санкт-Петербург, 2011. – 101с.
2. Достал Д. Технология и оборудование для переработки макулатуры Текст. / Д. Достал. PAPCEL, 2004. – 102 с.
3. Кулешов А.В., Смолин А.С. Бумагообразующие свойства вторичных растительных волокон // Химия растительного сырья. – 2008. – № 2. – С. 109–112.
4. Марченко Р.А. Безножевая обработка волокнистых растительных полуфабрикатов // Решетневские чтения: материалы XXIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева (Красноярск, 11–15 нояб. 2019 г.) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю.Ю. Логинова; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2019. – Ч. 2 – С. 100 – 102.
5. Марченко, Р.А. Интенсификация безножевого размола волокнистых полуфабрикатов в целлюлозно-бумажном производстве: дис…канд. техн. наук. –Красноярск, 2016. – 161 с.
6. Рыбин А.В. Переработка макулатуры сохранит леса России // Наука, техника и образование: науч. интернет-журн. 2014 URL: https://cyberleninka.ru/article/n/bumagoobrazuyuschie-svoystva-vtorichnyh-rastitelnyh-volokon (дата обращения: 25.09.21)

СЕКЦИЯ

«ЭНЕРГЕТИКА»

ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Артене Юлиан Федорович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Зайцева Нина Ефимовна
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

ASSESSMENT OF THE IMPLEMENTATION OF A COGENERATION SYSTEM TO IMPROVE THE QUALITY OF POWER SUPPLY OF A SMALL ENTERPRISE

Yulian Artene
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Nina Zaitseva
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследована проблематика и приоритетные направления развития отечественного энергетического сектора. Использованы абстрактно-логический и монографический методы исследования. Установлено что приоритетным

направление в повышении эффективности энергообеспечения малых предприятий должно стать внедрение когенерационных систем.

ABSTRACT

The article examines the problems and priority directions of the development of the domestic energy sector. Abstract-logical and monographic research methods were used. It has been established that the priority direction in increasing the efficiency of energy supply to small enterprises should be the introduction of cogeneration systems.

Ключевые слова: когенерация, энергетический сектор, реконструкция.

Keywords: cogeneration, energy sector, reconstruction.

На рынках энергии, как тепловой, так и электрической, оказывает влияние некоторое увеличение производства энергии от возобновляемых источников.

Статьи покрытия такой вырабатываемой электроэнергией – электроснабжение, отопление и охлаждение. Следует заметить, что электроэнергия от возобновляемых источников в основном тратится на покрытие бытовых нужд населения, а не технологических объектов. В условиях безудержного повышения цен на энергоносители, намечается у предприятий тенденция к эффективному снижению непомерных затрат и обеспечению себя надежным источником генерации энергоносителей. Особенно такой вопрос актуален среди небольших и малых промышленных предприятий, стремящихся сократить финансовые затраты на энергию, не зависеть от её перебоев, происходящих при поставке электроэнергии от системы, и улучшить качество электрической энергии.

В настоящее время можно выделить наиболее заметные проблемы энергоснабжения:

- постоянно возрастающая цена на энергию;
- все возрастающие затраты на содержание объектов централизованного электроснабжения;
- значительная протяженность инженерных сетей, что в абсолютных значениях способствует увеличению тепловых потерь;

- отсутствие оперативного регулирования электрической и, в особенности, тепловой энергии;
- все возрастающие затраты на эксплуатацию протяженных инженерных сетей;
- чувствительные социально-экономические последствия аварий.

В планах развития энергетики России на период до 2030 года одним из направлений является модернизация и развитие энергетической структуры, основанной на масштабной технической модернизации энергетического сектора в экономике страны, с целью достижения и дальнейшего обеспечения энергетической безопасности в рамках государства. Достижение энергетической безопасности, определяется ресурсом адекватности, экономической доступности, экологической и технологической приемлемости, а также окупаемости.

В энергетическом секторе стратегии России до 2030 г. можно выделить приоритетные направления:

- разработка и установка комплексов технологического оборудования на модульной основе для нового строительства и организации энергосбережения на когенерационной основе.
- разработка и внедрение технологий использования возобновляемых источников энергии и многофункциональных энергетических комплексов для автономного энергоснабжения в районах без централизованного энергоснабжения;
- НИОКр эффективных технологий электроснабжения и теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии;
- разработка технологий малой энергетики и создание децентрализованных зон энергоснабжения;
- развитие централизованных систем теплоснабжения на основе разработки и использования современных экономически и экологически эффективных когерационных установок, имеющих широкий диапазон регулирования мощности с сохранением приемлемого уровня экономичности;

- оптимальное сочетание централизованного и децентрализованного теплоснабжения с распределением на соответствующие зоны;
- разработка совмещенных систем с централизованным теплоснабжением и другими типами ресурсов, расположенных в зонах потребления тепловой энергии;
- разработка и использование систем энергообеспечения с высокоэффективной когенерацией;

Из выше сказанного видно, что ставка делается на распределенную когенерацию, что должно обеспечить устойчивое развитие будущих промышленных систем с хорошим запасом энергетической безопасности в части защиты потребителей от изменения (читай роста) на энергоносители. Распределенная когенерация будет способствовать сокращению выбросов парниковых газов.

Распределенная генерация явилась экономичным вариантом для небольших энергетических промышленных систем с позиции устойчивого развития. В работе была рассмотрена малое предприятие. Разработаны мероприятия по реконструкции системы энергообеспечения, целью которых являлась снижение платы за электрическую и тепловую энергии за счет когенерационной собственной выработки и кардинального снижения потребления электрической энергии от системы. Объектом исследования явилось малое предприятие, оказывающее услуги отельного бизнеса. Здание обще площадью 1500 м. Расчетный объем отеля до 100 человек. Система знергообеспечения имеет большое количество рассредоточенных электропотребителей, большую длинны электрических сетей. Расчетная потребляемая электрическая мощность составляет порядкам 0.1Мвт, тепловое потребление около 0.3 МВт. В качестве соперничающих вариантов, участвующих в реконструкции предприятия, рассматривались варианты с ГТУ и с газопоршневой установкой

После анализа путей реконструкции к установке принята газопоршневая установка мощностью 0.5 МВт с отбираемой тепловой мощностью 0.3МВт. Экономические расчеты показали уменьшение цены, получаемой электрической

энергии в 2 раза, уменьшение цены получаемой тепловой энергии в три раза. Срок окупаемости проекта составляет 4.5 года.

Список литературы:

1. Смирнова М В., Теплоснабжение: Учебное пособие –М.: Издательский дом «ИН-ФОЛИО», 2014.-320с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети / Е Я. Соколов – М.,: Издательство МЭИ, 2011.- 472с.

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

Бабичев Роман Геннадьевич
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Пушкин Сергей Витальевич
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

ANALYSIS OF OPERATING MODES OF STEAM AND GAS PLANTS IN INDUSTRIAL POWER SYSTEMS

Roman Babichev
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Sergey Pushkin
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследовано применение парогазовых установок в промышленных энергосистемах. Использованы расчетно-графический и абстрактно-логический методы исследования. Даны рекомендации по практическому применению парогазовых установок.

ABSTRACT

The article explores the use of combined cycle plants in industrial power systems. Computational-graphic and abstract-logical research methods were used. Recommendations are given for the practical application of combined cycle plants.

Ключевые слова: парогазовая установка, параметры рабочего тела, энергосистема.

Keywords: combined cycle plant, working fluid parameters, power system.

Газотурбинные и парогазовые системы играют всё возрастающее значение в структуре производства тепловых и электрических энергоносителей, вследствие их привлекательных термодинамических параметров, приемлемого КПД, высокой производственной маневренности и экономически умеренной удельной стоимости при выполнении требований по надежности.

Обобщение исследований в данной области, позволяет находить комплексные технические решения задач промышленной теплоэнергетики для разработки конкретных парогазовых систем. Для этого в работе рассмотрены результаты расчетов и оптимизации технических параметров и схем ПГУ разных версий типа и назначения. Основное внимание уделено двойным ПГУ с котлами – утилизаторами, для которых спроектированы термодинамические тепловые схемы, проведено расчетное моделирование рабочих режимов, разработана технология эксплуатации, просчитаны статические и динамические характеристики оборудования систем ПГУ, проведены вычислительные испытания на объектах и представлены их обработанные результаты, определена длительность необходимой вентиляции утилизирующих котлов , дана возможности и направления развития парогазовых систем и их оборудования и показана перспектива более широкого применения двойных ПГУ путем использования в них твердого топлива в паровом цикле.

Ценность практических результатов работы заключается в математическом обосновании технических решений по существующим тепловым схемам, их возможной практической реализации, в обеспечении освоения и эксплуатации с гарантированными хорошими параметрами и показателями. Первые отечественные бинарные энергетические ПГУ с котлами – утилизаторами, использовались

с хорошими результатами. Это разработки 60х годов прошлого столетия. Коэффициенты полезного действия достигли 45%, что в те времена было большим достижением.

При использовании современных ГТУ в надстроенном цикле наиболее эффективными являются бинарные ПГУ, коэффициент полезного действия которых достигает 50, а и иногда и 55%. В этом случае весь расход топлива поступает в камеру сгорания ГТУ, а присоединенная паросиловая часть использует только тепло отработавших в ГТУ газов. Учитывая, что в таких ПГУ газотурбинная установка является базовым элементом, на характеристики которого присоединённая паросиловая часть практически не оказывает влияния, экономичность ПГУ зависит от глубины утилизации тепла выхлопных газов и работоспособности пара, вырабатываемого за счет уходящих газов из ГТУ. В свою очередь работоспособность пара в паровой турбине определяется его давлением и сопряженной с ним температурой – чем выше параметры пара, тем больше работоспособность пара. Однако глубина охлаждения выхлопных газов и получение пара с высоким давлением входят в противоречие из-за разнонаправленности процессов.

Термодинамическими параметрами, определяющими эффективную энергоемкость выхлопных газов ГТУ, являются: так называемый критический температурный напор (температурный напор на «холодном» конце испарителя), недогрев воды до температуры кипения в теплообменнике уходящих газов и температурный напор на выходе пароперегревателя по пару, определяемые конечной разностью температур тепло-обменивающихся сред.

Увеличение критического температурного напора и недогрева воды до кипения в охладителе уходящих газов уменьшают удельную паро-производительность, причем значительно большее влияние оказывает недогрев воды до кипения в охладителе уходящих газов. Увеличение температурного напора на «горячем» конце пароперегревателя вызывает увеличение удельной паропроизводительности, которое, однако, ослабевает при снижении давления пара.

При высоких давлениях пара КПД ПСУ может увеличиваться при увеличении напора до критического.

При конструировании котлов-утилизаторов в первую очередь необходимо исключать уменьшение недогрева воды до кипения в экономайзере, затем к уменьшению термодинамически критического температурного напора и, в последнюю очередь, к уменьшению температурного напора на «горячем» конце теплообмена пароперегревателя.

Главная задача, которая должна выполняться при подъеме параметров рабочего тела энергетического цикла – это обеспечение максимально возможной температуры рабочего тела на выходе из котла при минимальных температурных напорах и в ГТУ и в ПГУ. Максимальное использование теплоты уходящих газов с максимальным отпуском пара предельно возможная термодинамическая температура будет достигаться при классической противоточной схеме движения теплоносителей в пароперегревателе и экономайзере и системе контуров вырабатывающих пар, расположенных противотоком по отношению к движению потока газов.

В парогазовой надстроечной схеме на базе ГТУ разработанных в последнее время применяются утилизирующие барабанные паровые котлы- с давлением пара в контурах высокого давления до 14 МПа. При этом во всех парогенерирующих системах применяется либо принудительная, с использованием дополнительных насосов, либо естественная циркуляция рабочего тела. В основном, в горизонтально расположенных утилизирующих котлах применяется естественная циркуляция, в вертикальных системах – принудительная или естественная. В системах с принудительной циркуляцией для запуска циркуляции при пусках котла-утилизатора используют специальные пусковые устройства, пусковые насосы.

Прямоточные котлы по гидравлической схеме и способу регулирования параметров пара отличаются от барабанных котлов, что позволяет улучшить их маневренные и пусковые характеристики. В отечественной тепловой энергетике эксплуатируются прямоточные котлы на докритическом (13,7 МПа) и

сверхкритическом (25 МПа) давлении. Их надёжность подтверждена почти полувековой эксплуатацией.

Технические параметры испарителей парогенераторов (развитые поверхности нагрева) и их расположение в газоходах (опускное движение в вертикально расположенных котлах и подъёмно-опускное в горизонтально расположенных котлах) нуждаются в обязательном изучении их гидродинамики для обеспечения параметров надёжной работы во всех режимах использования ПГУ в бинарной схеме. Как следует из предыдущего раздела, применение сверхкритических параметров пара повышает КПД системы ПГУ, а для реального перехода на эту ступень газодинамических параметров пара альтернативы прямоточной генерации пара в верхнем контуре не существует.

Список литературы:

1. Лередев, А.С. Направления повышения эффективности ГТУ / А.С. Лередев, С.В. Костенриков // Теплоэнергетика. – 2018. – №9. – С. 11-18.
2. Ольдовский, Г.Г. Газотурбинные и парогазовые системы за рубежом / Г.Г. Ольдовский // Теплоэнергетика.- 1999. – №1. С. 71-80.
3. Фагорский, О.Н. Перспективы и состоние развития парогазовых систем в энергетике России / О.Н. Фагорский, В.И. Другосельский, Ю.К. Потреня // Теплоэнергетика. – 2003. – № 2. – С. 9-15.
4. Чеднецкий, Н.С. Перспективы ПГУ крупных электростанций / Н.С. Черднецкий, В.А. Свягов, С.Т. Трушин // Теплоэнергетика. – 1989. – №6. – С. 5-12.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕЙ И ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Бердянова Татьяна Ивановна
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Горбатовский Дмитрий Викторович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING THE THERMAL INSULATING AND ABSORBING CAPACITY OF CARBON GAS

Tatiana Berdyanova
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Dmitry Gorbatovsky
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В работе исследована эффективность использования углекислого газа в качестве заполнителя промежутков между оконными стеклами. Использованы абстрактно-логический и монографический методы исследования. Установлено, что указанное применение CO_2 существенно снижает тепловые потери.

ABSTRACT

The paper investigates the efficiency of using carbon dioxide as a filler for gaps between window panes. Abstract-logical and monographic research methods were used. It was found that the specified use of CO_2 significantly reduces heat losses.

Ключевые слова: углекислый газ, концентрация, тепловые потери.

Keywords: carbon dioxide, concentration, heat loss.

На сегодняшний день климатические изменения в планетарном масштабе – достаточно популярная тема, и их существование уже не вызывает ни у кого сомнений. Согласно исследованиям климатологов научно-исследовательских центров, из разных уголков мира эти изменения в настоящее время не просто имеют место, а уже носят стремительный характер, причем далеко не позитивный. Ожидание вселенской катастрофы все в большей мере охватывает мировое сообщество.

Концентрация углекислого газа (CO_2) в атмосфере Земли достигла самого высокого за последние 800 тыс. лет уровня, следует из отчета Всемирной метеорологической организации. Проведенные ее экспертами исследования показали, что по итогам 2016 года средняя концентрация CO_2 достигла уровня 403,3 части на млн (в каждом кубометре воздуха 403,3 мл занимает углекислый газ), что на 45% превышает его концентрацию в доиндустриальный период (1750 год). В отчете ВМО отмечается, что в 2016 году прирост концентрации CO_2 в атмосфере установил новый рекорд, что отчасти объясняется сильными засухами в тропических регионах, из-за которых снизилась способность тропических лесов поглощать углекислый газ. Далее цифра также велика.

Не вызывает сомнения, что от сжигания углеводородов приведет, в частности, к интенсивному таянию вечной мерзлоты с поступлением в колоссальных объемах и метана в атмосферу Земли, который, как известно, имеет в 20 раз больший парниковый эффект, нежели углекислый газ. Вся серьезность надвигающейся вселенской катастрофы заставляет осознать насущную необходимость принятия неотложных мер для ее предотвращения.

Для улучшения биосферной среды учеными в настоящее время изучаются и разрабатываются всё новые концепции и технологии, которые имеют разную направленность. В данной статье рассматривается выполнение сравнительного анализа плотности тепловых потоков двойного остекления с целью объективной

оценки тепловой эффективности использования углекислого газа в качестве заполнителя промежутков (камер) между его стеклами, что представляет несомненный интерес для специалистов в области теплотехники.

Здесь технические решения исключают не только какие-либо отрицательные воздействия на экологию окружающей среды, но, наоборот, они ориентированы на ее оздоровление. Более того, технология в виде тепличного модуля направлена на обеспечение продовольственной безопасности.

В современной литературе имеется лишь краткое упоминание о возможности использования углекислого газа для заполнения камер оконных стеклопакетов и не более того. В случае же подтверждения эффективности проведенных испытаний применение углекислого газа в качестве заполнителя двойного остекления новую технологию можно рекомендовать для освоения производства стеклопакетов оконных блоков и других светопрозрачных конструкций.

Для выполнения такого мероприятия создан специальный стенд для проведения испытаний опытных образцов с двойным остеклением, имеющих разные расстояния между стеклами.

Для измерения наружной температуры и температуры воздушной и газовой сред между стеклами испытуемого образца служит цифровой термометр-гигрометр. Сооружение модуля имеет наружное покрытие в виде светопрозрачных панелей, каждая из которых содержит шесть ячеек с двойным остеклением, собранных на общей стальной раме.

Для выполнения сравнительного анализа и его объективной оценки необходимо выполнять условия идентичности испытаний для каждого образца в отдельности. Это означает, что с образца, заполненного сперва воздухом, снимаются показания плотности тепловых потоков. А затем с этого же образца, но уже заполненного углекислым газом, таким же образом, снимаются показания плотности тепловых потоков. Разница измеренных величин показаний в обоих случаях испытаний и есть полученная объективная эффективность применения углекислого газа.

Представляет так же интерес проведения на этом стенде испытаний для определения необходимой температуры внутри стенда для образования на поверхности наружного стекла двойного остекления водяной пленки для соскальзывания снеговой массы с наклонной поверхности этого стекла. На поверхности стекла для образования водяной пленки должна быть температура + 3°С. В случае подтверждения успешности этого эксперимента работники теплиц могут избавится от весьма затратного занятия по очистке кровель от снеговых масс и льда.

В известных тепличных сооружениях кровли и стены имеют покрытие в виде одинарного остекления. Для тепличных сооружений в данной технологии применяется покрытие в виде двойного остекления, использование которого по отношению к одинарному остеклению будет иметь ряд существенных преимуществ, а именно: исключаются колоссальные тепловые потери из сооружения; исключается образование конденсатной влаги на стеклах со стороны помещения, наличие которой, как известно, вызывает шок у растений; исключает образование конденсатной влаги на металлоконструкциях, наличие которой, как известно, вызывает необходимость для исключения коррозии покрывать цинком детали этих конструкций, что препятствует выполнению сварных соединений.

Использование углекислого газа в промежутках между стеклами в ячейках панелей вместо воздуха позволит существенно снизить тепловые потери за счет меньшей величины теплопроводности углекислого газа (λ=0,0145 Вт/м^2 °С) по отношению к теплопроводности воздуха (λ = 0, 028 Вт /м^2 °С), а также за счет свойства газа нагреваться и излучать тепло во все направления, в том числе, и обратно в помещение; уменьшить опасность перегрева растений излучением, для исключения которого в современных теплицах применяются дорогостоящие автоматизированные шторные устройства; исключить вероятность ожогов растений солнечным жестким УФ-излучением, которое смягчается двойным остеклением и наличием в нем газовой среды; при некоторой величине низкой температуры (ее предстоит установить) снеговая масса будет сходить с наружных глянцевых поверхностей скатов кровель.

Отсутствие на наружных поверхностях скатов кровель каких-либо выступающих элементов позволит исключить их как дополнительные источники тепловых потерь, наличие которых в известных тепличных сооружениях имеет место и обеспечить беспрепятственное сдувание и сход снеговых масс, а также обеспечить сток воды с поверхностей скатов и устранение накопления на них.

Тепличный модуль, как новейшая технология, представляет интересное поле деятельности для ее освоения. В разработке затрагиваются такие области знания как теплотехника, электроэнергетика, светотехника, вентиляция, ирригация, автоматика управления технологическими процессами, а также строительство самих тепличных сооружений.

Список литературы:

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С., Издание 4-е перераб. и дополненное. – М.: "Энергоиздат", 2011. – 415 с.
2. World Meteorological Organization, 2016: WMO statement on the state of the global climate [Электронный ресурс]. URL: https://library.wmo.int. (Дата обращения: 18.09.2018).

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ СОБСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА

Гаранин Александр Владимирович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Федосова Таисия Юрьевна
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE INSTALLATION OF THE COMPANY'S OWN ENERGY SOURCE

Alexander Garanin
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Taisiya Fedosova
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследована математическая модель, позволяющая оценить эффективность установки на промышленных предприятиях автономных энергетических источников. Использованы абстрактно-логический и расчетно-графический методы исследования. Установлена адекватность исследуемой модели.

ABSTRACT

The article investigates a mathematical model that allows assessing the efficiency of the installation at industrial enterprises of autonomous energy sources. Abstract-

logical and computational-graphic research methods were used. The adequacy of the investigated model has been established.

Ключевые слова: энергетический источник, моделирование, эффективность.
Keywords: energy source, modeling, efficiency.

Вопросам эффективного использования топливно-энергетических ресурсов при производстве электрической и тепловой энергии, формирования рациональных схем транспорта и потребления энергетических ресурсов всегда уделяется повышенное внимание теплоэнергетиков как в России, так и во всём мире. Однако, с учётом развития науки, техники и технологий исследования в области применения различных методов и способов исследования энергообеспечения потребителей и производства энергоресурсов, в особенности повышения энергоэффективности использования энергетических ресурсов и энергосбережения существующих схем, показывает интересные результаты исследований. Особую роль занимают предприятия агропромышленного комплекса.

Так, например, сегодня функционирование теплофикационных систем сопряжено с рядом трудностей, связанных с незначительным участием государства в регулировании энергетики, с ростом тарифов на топливно-энергетические ресурсы, с низкой эффективностью выработки и использования энергоресурсов, с высоким процентом износа систем транспорта энергетических ресурсов, с отсутствием в необходимом объёме инвестиций на модернизацию и техническое переориентирование производственных мощностей современным требованиям научно-технического прогресса и экономики. В современных сложных экономических условиях многие промышленные предприятия решают оптимизационную задачу по минимизации экономических затрат путём проектирования и установки на промплощадке собственного энергетического источника. Целесообразность такого решения обусловливается бизнес-планом. При этом решается задача достижения высоких экономических показателей предприятия, а не высоких показателей энергетической эффективности энергоустановки, рационального

использования топливно-энергетических ресурсов и при этом не учитывается влияние собственного энергетического источника на общее топливопотребление в регионе. Кроме того, применение схем когенерации с использованием альтернативных видов топлива существенно снижает потребление традиционного топлива в масштабе региона, при этом снижая издержки предприятия на закупку энергоресурсов.

Ввод в эксплуатацию новых энергетических мощностей должен сопровождаться решением ряда сложных оптимизационных задач в масштабе региона или крупной агломерации в рамках актуализации существующих схем энергообеспечения.

Для решения данной задачи необходимо проведение вариационных аналитических исследований в математической модели некоторой энергетической системы региона или крупной агломерации.

Для разработки математической модели такой сложной системы, как энергосистема, необходимо применение методов системного анализа [1].

Математическая модель энергетической системы некоторого региона будет иметь иерархическую структуру. Общий вид такой структуры математической модели представлен на рисунке 1.

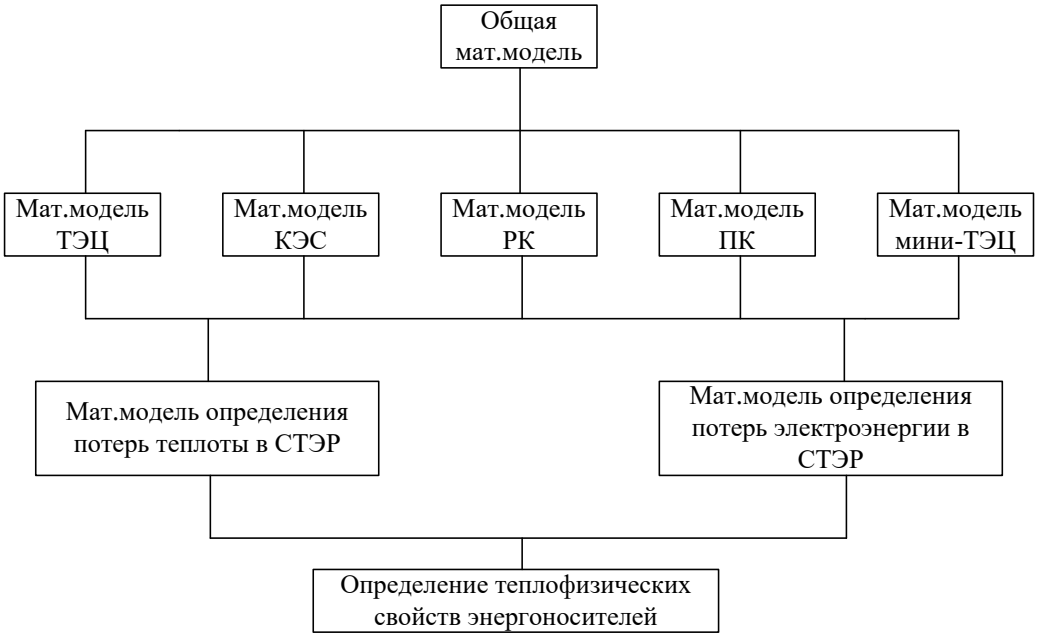


Рисунок 1. Общий вид структурной схемы математической модели

Первая ступень математической модели – ряд уравнений, определяющие общий расход топлива региона. Вторая ступень – набор математических моделей энергетических источников: ТЭЦ, КЭС, районной котельной, производственной котельной, мини-ТЭЦ. Математические модели описываются на основе доказуемых и полуэмпирических зависимостей, в основу которых положены соотношения энергетических характеристик [2] основных источников энергии.

В общем виде математическую модель ТЭЦ можно представить следующего вида зависимостью:

$$B = f(N_{ЭЛ}, Q_{ТЕП}, t_{НВ}),$$

где $N_{ЭЛ}$ – передаваемая мощность, МВт;

$Q_{ТЕП}$ – тепловая мощность в системе, Гкал/ч;

$t_{НВ}$ – температура наружного среды, ^{0}С.

На следующем уровне рассматриваются набор математических моделей потерь в системе транспорта теплоэнергетических ресурсов (СТЭР):

- тепловой энергии при передаче её по водяным сетям;
- электрической энергии.

В основу этих математических моделей положены зависимости, разработанные в [3; 4]. На последнем уровне иерархии определяются параметры энергоносителей.

Отключение промышленного предприятия от централизованного теплоэнергетического источника приводит, с одной стороны – к уменьшению потерь энергии при ее активной передаче потребителю, а с другой стороны – снижение получения энергии на централизованном источнике приводит к увеличению удельного расхода топлива на ее выработку (общий расход топлива на централизованном источнике уменьшается). При этом общий расход топлива в масштабе региона может как чувствительно уменьшится, так и увеличится. Использование собственного теплоэнергетического источника с использованием альтернативных видов топлива приводит к снижению расхода топлива в регионе.

Но здесь необходимо принимать во внимание дополнительные не менее важные аспекты решаемой комплексной задачи такие как: капитальные затраты на строительство или техническое перевооружение, тарифы на энергоресурсы и технологические присоединения к существующим сетям, надёжность и бесперебойность энергоснабжения, резервирование производственных мощностей.

Список литературы:

1. Бурсленко В.Н. Алгоритмизация повторного моделирования сложных промышленных систем. – М.: Наука, 1978. – 240 с. / Серия «библиотечка программиста»/.
2. Инструкция по проведению в Министерстве энергетики Российской Федерации расчета и обоснования потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим системам. Утверждена приказом Минэнерго России от «31» декабря 2009 г. № 326. – М., 2009. – 100 с.
3. Методика нахождения нормативных значений функционирования тепловых сетей теплоснабжения. Утверждена решением Госстроя России от 101.10.2001 г., № 225.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Горбатовский Дмитрий Викторович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Беззубенков Дмитрий Владимирович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF WATER CHEMICAL MODES OF POWER SYSTEMS

Dmitry Gorbatovsky
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Dmitry Bezzubenkov
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследованы способы организации водно-химических режимов на атомной станции. Использованы абстрактно-логический и расчетно-конструктивный методы исследования. По результатам исследования предложен способ реконструкции системы водоочистки.

ABSTRACT

The article explores the ways of organizing water-chemical regimes at a nuclear power plant. Abstract-logical and computational-constructive research methods were used. According to the results of the study, a method for the reconstruction of the water treatment system was proposed.

Ключевые слова: реконструкция, атомная станция, химическая водоочистка.

Keywords: reconstruction, nuclear power plant, chemical water treatment.

Одним из важных факторов, сдерживающим объем энерговыработки на АЭС с РБМКр, являются коррозионные повреждения трубопроводов, которые вызывают большой объем ремонтных и инспекционных работ в полях действующих ионизирующих излучений. В начале 1990-х г. коррозионные повреждения при эксплуатации оборудования и трубопроводов энергоблоков АЭС с РБМКр-1000 изначально решались заменой поврежденных участков. Однако накопленный опыт ряда АЭС показал, что посредством массовой замены поврежденных участков кардинально не решается данная проблема. Совершенствование ВХР является одним из наиболее эффективных способов предотвращения коррозионных повреждений, что подтверждается опытом эксплуатации АЭС с кипящими реакторами. Атомные станции с реакторами РБМК-1000 являются одноконтурными. На одноконтурных АЭС из-за воздействия на рабочий агент, которым является вода, ионизирующего излучения, предъявляют высокие требования к водно-химическому режиму. Одной из причин этого является непрерывная подача в реактор питательной воды, содержащей примеси. Реакторы РБМК работают при средних давлениях (7.0Мпа), но требования к ним по организации их водно-химического режима более высокие. Эти требования обусловлены необходимостью наличия высокого качества реакторной воды, в которой содержатся минеральные примеси, продукты коррозии конструкционных материалов, продукты радиолиза воды, благородные продукты деления ядерного топлива. Надежность работы реактора одноконтурной АЭС в значительной степени зависит от наличия отложений на тепловыделяющих элементах, которые могут привести к перегреву оболочек твэлов, их аварийному разрушению и активации реакторной воды и образующегося пара, что отрицательно отразится на условиях эксплуатации АЭС.

Водно-химический режим одноконтурных АЭС должен обеспечивать целостность защитных барьеров, к которым относятся оболочки тепловыделяющих

элементов, элементы конструкций, оборудования и трубопроводов в течение срока эксплуатации. Наличие отложений на на теплопередающих поверхностях серьезно влияет на надежность работы станции и на радиационную безопасность персонала.

Под действием излучения в реакторной воде происходит радиолиз, наиболее активный элемент кислород растворяется в реакторной воде (концентрация достигает 0.1мг/кг) и в насыщенном паре (концентрация достигает 40мг/кг). Растворенный кислород активно повреждает рабочие поверхности реактора. Процесс деаэрации в активной зоне невозможен, поэтому кислород связывают химически. Этот процесс можно проводить двумя путями: добавлением в реакторную воду водорода, что значительно удорожает эксплуатацию, или добавление в реакторную воду аммиака, радиолиз которого насыщает воду водородом.

Наличие азота под действием радиолиза создает опасность его поглощения с выделением азотной кислоты с последующем снижением PH ниже 6.5. Для предотвращения такого эффекта используется 100% очистка турбинного конденсата.

В процессе модернизации третьего блока САЭС произошло увеличение количества каналов, что повлекло увеличение мощности реактора.

При работе реактора на повышенной мощности стало наблюдаться снижение показателя pH воды в контуре охлаждения. При работе установки байпасной очистки воды рассматриваемого контура охлаждения с максимальной производительностью, значение pH стало достигать нижнего предела, равного 4.5. Проблему дополнительной очистки воды от азотного окисления и поддержания pH выше 4.5 предложено решить увеличением производительности установки байпасной очистки воды.

На рисунке 1 представлена упрощенная схеме рабочей линии байпасной очистки воды парового контура энергоблока САЭС.

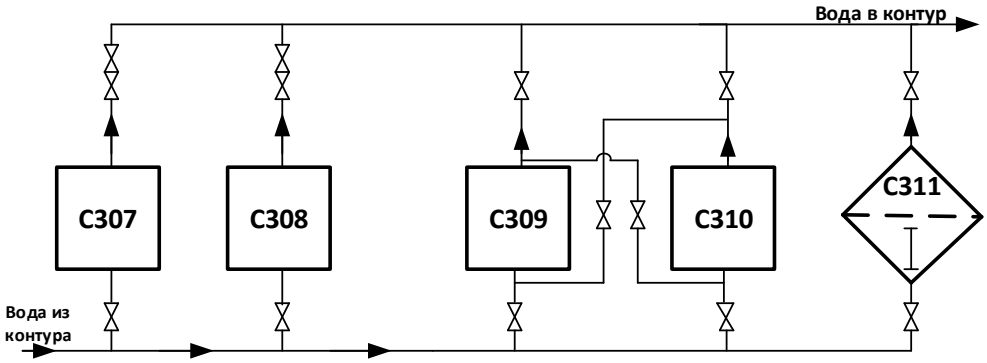


Рисунок 1. Схема рабочей линии буйпасной очистки воды контура СУЗ энергоблока САЭС

- С307, С308 – намывной фильтр; С309, С310 – фильтр смешанного действия;
- С311 – фильтр-ловушка.

Реконструкция СВО заключается в организации двух независимых лини с установкой дополнительного оборудования. Реконструированная рабочая линия включает параллельно включенные намывные фильтры и последовательно включенные фильтры смешанного действия с начинкой, состоящей из катионита и аонита ядерного класса. При отработке шихты первого фильтра смешенного действия, он выводится из работы, и очистка воды производится на втором фильтре смешанного действия. Реконструкция СВО заключается в организации двух независимых лини с установкой дополнительного оборудования. По предлагаемой линии выполнен гидравлический расчет, выполнена проверка по потере давления. Упрощенная схема с организацией двух независимых линий представлена на рисунке 2.

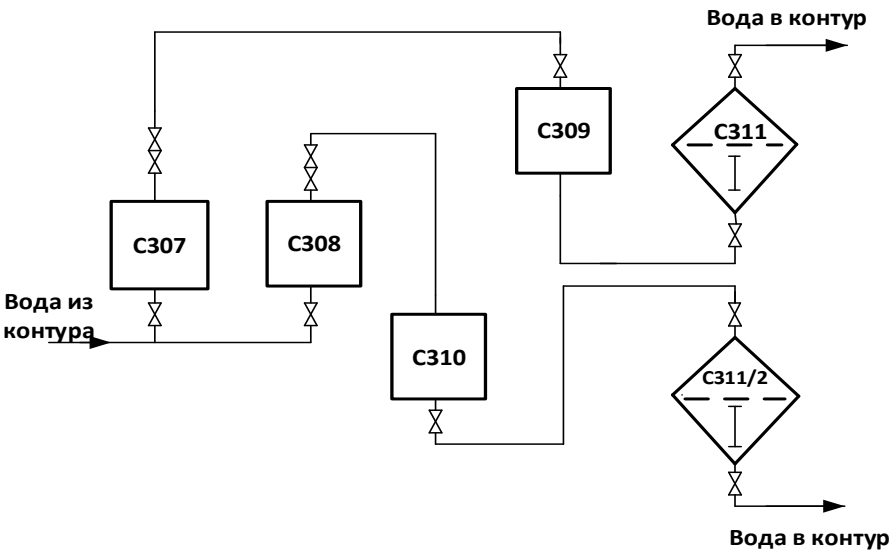


Рисунок 2. Схема установки очистки воды контура энергоблока после предложенной реконструкции

Предложенная модернизация байпасной очистки воды при увеличенном количестве рабочих каналов реактора, позволит увеличить производительность установки на 20%, даст возможность поддерживать водо-химический режим в нормируемых пределах.

Список литературы:

1. Водно-химический режим основного технологического контура и вспомогательных систем атомных электростанций с реакторами РБМК-1000 СТПр ЭО 0015-01. Москва, 2011.
2. Тепловые и атомные электрические станции: Учебное пособие/ Марвеев А.С. – Томск: Изд-во ТПУр, 2019. – 191 с.

ОБОСНОВАНИЕ НАЗРЕВШЕЙ НЕОБХОДИМОСТИ СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ В БОЛЬШОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Дюндина Екатерина Валерьевна
студент,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Никандров Александр Николаевич
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

JUSTIFICATION OF THE RELEVANT NEED FOR STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL MODERNIZATION IN BIG ENERGY

Ekaterina Dyundina
Student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Alexander Nikandrov
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследованы негативные технические последствия реформирования отечественной энергетики. Использованы абстрактно-логический и расчетно-конструктивный методы исследования. Предложены способ перевода теплофикационных турбин в штатный режим работы за счет распределения потока пара в районе цилиндра высокого давления.

ABSTRACT

The article examines the negative technical consequences of reforming the domestic energy sector. Abstract-logical and computational-constructive research methods were used. A method is proposed for transferring cogeneration turbines to

normal operation due to the distribution of the steam flow in the area of the high-pressure cylinder.

Ключевые слова: теплофикационная турбина, пар, эффективность.

Keywords: cogeneration turbine, steam, efficiency.

По данным переписи населения в городах России проживает около 74% населения. Для снабжения городских и промышленных потребителей тепловой и электрической энергией применяют разработанные в середине прошлого века крупные централизованные системы. Всем известно, что они обладают рядом проблем вызванным ослаблением государственного влияния и контроля на энергетику. Либеральный рынок своей целью имеет получение любым способом прибыли и фактически не контролируемый государством спровоцировал ряд проблем в топливно-энергетической сфере. К этим проблемам относятся повышение стоимости топливно-энергетических ресурсов, изношенности тепловых сетей и оборудования тепло-энергетических систем, что вызвано не отсутствием прибыли, а выводом денег в офшоры. В этой ситуации государству остается самому разрабатывать финансовую систему инвестиций в ТЭК. Кроме того, кризисное закрытие производственных мощностей привело к переходу топливно-энергетических систем в глубокий нерасчетный режим.

В период 50-х – 70-х годов прошлого столетия происходило становление всей теплоэнергетической и промышленной системы советского союза, при том для обеспечения оптимальной загрузки хотя бы в зимний период ТЭЦ приходилось планировать и строить дополнительно промышленные предприятия. Производство тепловой и электрической энергии производилось в режиме когенерации. Поскольку разделить затраты на производство тепловой и электрической энергии невозможно точно и обосновано физически, то замыкающими затратами являлись затраты на электрическую энергию, а цена на тепловую энергию формировалась исходя из затрат на дополнительный расход топлива $\Delta B_т$ вызванного необходимостью покрытия графика выработки электрической

энергии при наличии промышленных и теплофикационных отборов. рис.1., второй составляющей цены была плата за доставку тепловой энергии. Если пересчитать цены Советского союза к современным, то цена на тепловую энергию должна быть в 10 раз меньше установленными тепловыми компаниями.

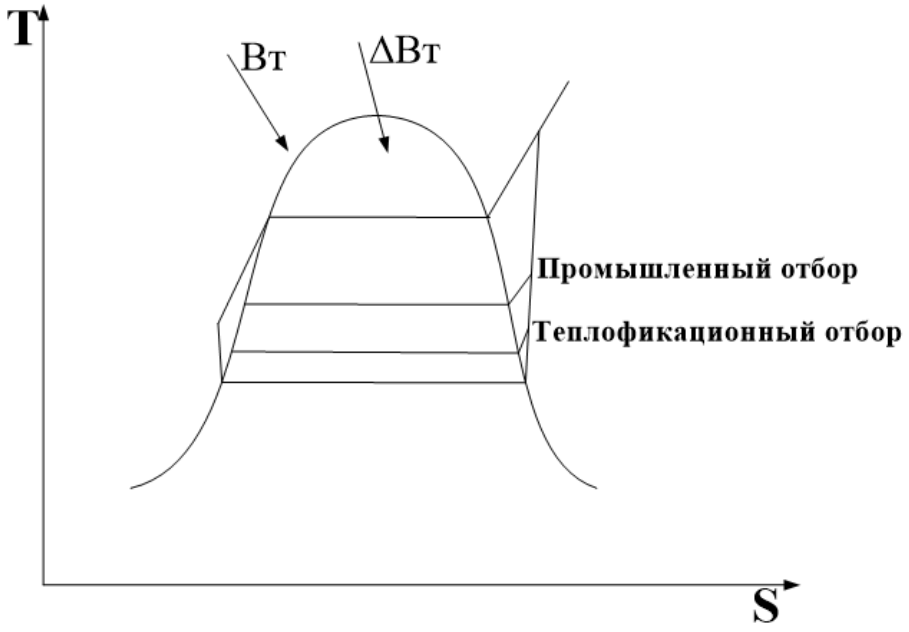


Рисунок 1. График выработки электрической энергии при наличии промышленных и теплофикационных отборах

где $В_т$- расход топлива на конденсационный режим выработки электрической энергии; $ΔВ_т$ – дополнительный расход топлива при когенерации

В современной истории развития ТЭК после известных реформ энергетики появившиеся нувориши от энергетики назначили цену на отпускаемую тепловую энергию (совершенно не обосновано) примерно 70% от стоимости тепловой энергии произведенной на котельной, т.е. тоже по топливной составляющей и получая при этом совершенно необоснованную прибыль. Такая политика ускорила развал предприятий для которых «бесплатная» тепловая энергия являлась основой рентабельности, что повлекло за собой изменение режима работы когенерационных систем ТЭЦ и уход их от расчетного и в общем то оптимального режима. Это влечет за собой перевод теплофикационных турбин в глубоко нерасчетный режим, что особенно это тяжело отражается на цилиндрах низкого

давления ЦНД. Это вызвано пропуском завышенного расхода пара на величину недоотпуска производственного отбора. На примере ТЭЦ 2 г. Смоленска, турбина ПТ60 рассчитано на отборы пара 115 тонн в час, а работается отбором 28 тонн в час, в этом режиме ЦНД имеет настолько низкий КПД, что экономически выгоднее отключить турбину, а пар на промышленные нужды отпускать через РОУ.

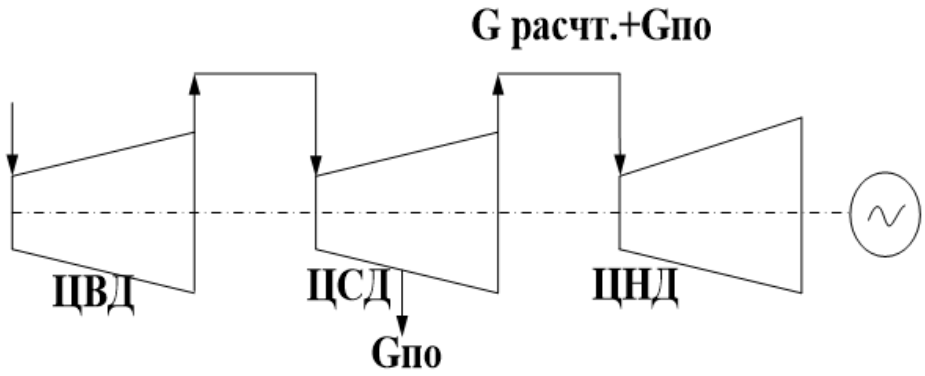


Рисунок 2. Пример влияния уменьшения промышленного отбора пара на работу ЦНД

где $G_{ПО}$- промышленный отбор пара; $G_{РАСЧТ}$- расчетный, оптимальный расход пара на ЦНД; $\Delta G_{ПО}$- уменьшение производственного отбора.

Выход из такой ситуации может быть осуществлен двумя способами: 1 способ – увеличить производственные мощности, что повлечет за собой увеличение $G_{ПО}$ и уменьшит $\Delta G_{ПО}$. В настоящее время совершенно не возможно, либо найти схемное решение, позволяющее привести работу турбины, в нашем примере ПТ60, к нормальному расчетному режиму. Все рассматриваемые схемные решения для повышения эффективности носит частичный характер и оказывает положительное влияние на эффективность станции в рамках 1 %, а то и десятых долей процента.

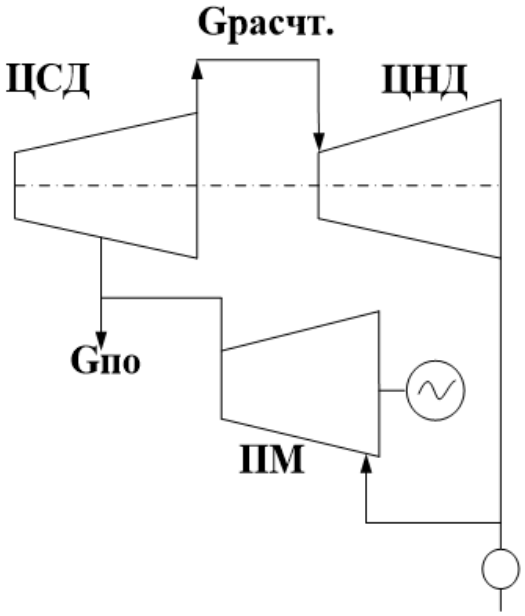


Рисунок 3. Пример распараллеливание источника пара

где ПМ- паровая машина.

Представляется, интересным решить данную проблему распараллелив потоки пара в районе ЦНД с целью сохранения расчетного потока в расчетном режиме. На рис.3 представлена возможная схема. В качестве параллельного ЦНД элемента может быть использована паровая машина, основным требованием к ней будет являться хорошие регулировочные способности. В качестве такой машины может быть использована винтовая турбина. Винтовые турбины в последнее время продемонстрировали хорошие показатели, и они подходят по мощности. Возвращаясь к турбине ПТ 60, необходимая мощность параллельного элемента составляет порядка 20 МВт, конечно, данный поток будет перерабатываться в конденсационном режиме, и суммарный КПД всей системы будет ниже чем у ТЭЦ, однако если этот избыточный поток пропустить через кольцевую часть ЦНД, то его отрицательное влияние «торможение турбины» оказывается значительно больше. Кроме того, такой подход поможет выровнять летний режим, что однозначно улучшит среднегодовые и экономические показатели тепло-энергетической системы.

Поскольку данное схемное решение имеет многопоточный характер, то обычный термодинамический анализ эффективности здесь становится некорректным, и поэтому оценка предлагаемого эксергетичного решения должна производиться с помощью анализа.

Список литературы:

1. Андрющенко А.И. Оптимизация режимов работы и параметров тепловых электростанций. Учебное пособие/ А.И. Андрющенко, Р.З. Аминов.// М.: Высшая школа, 1983.
2. Репин А.Л., Чернн Р.А, Репин А.Л. Методика расчета рабочего процесса винтового парового двигателя// Материалы V международной конференции. Новочеркасск, 2005. -С. 28-31.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Макаренков Сергей Александрович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Зайцева Нина Ефимовна
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

INCREASING THE EFFICIENCY OF THERMAL CIRCUITS OF SMALL ENERGY FACILITIES

Sergey Makarenkov
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Nina Zaitseva
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследованы способы повышения эффективности тепловых схем. Использованы абстрактно-логический и расчетно-конструктивный методы. Сопоставлены различные способы модернизации тепловых схем.

ABSTRACT

The article explores ways to improve the efficiency of thermal circuits. Abstract-logical and computational-constructive methods were used. Various methods of modernization of thermal circuits are compared.

Ключевые слова: тепловая схема, модернизация, турбина.

Keywords: thermal circuit, modernization, turbine.

В энергетической стратегии в России до 2020г., одобренной Правительством Российской Федерации 23.11.2000г. основной упор в развитии сектора энергообеспечения поставлен на двукратное увеличение доли комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Однако в настоящее время наблюдается явное отсутствие двукратного увеличения количества когенерационных систем в малой энергетике. Причиной, скорее всего послужили существенные недостатки таких систем, а именно существенная зависимость эффективности от неравномерности графика нагрузок (день, ночь) и наличие летнего периода, когда резко снижается потребление тепловой энергии. КПД такой системы весьма низок, например давлении 1,3 Мпа и $t_{\text{н.п.}}$ =210℃ , коэффициент полезного действия в случае расчетного как правило дневной нагрузки составит не более 20%. Однако постоянная тенденция роста стоимости энергоносителей будет приводить к возрастанию целесообразности выработки тепловой и электрической энергии. Согласно общей практике к малой энергетики относятся ТЭЦ мощностью до 30МВт, тепловые генераторы единичной мощности 6 ГКалл/час и котельной общей мощностью до 20 ГКалл/час. Такие системы потребляют до 46% общих энергоресурсов в России. Простое сжигание топлива, что происходит на котельных, мало эффективно, при этом немало паровых котельных имеют котлы с параметрами 1,3Мпа, а потребители используют его на 0,3-0,4 Мпа. Снижение давления пара происходит в дроссельных устройствах, и, соответственно, потенциальная энергия теряется бесследно. Таким образом, одним из направлений исключение неоправданных потерь может быть использование вместо статических расширительных устройств, паровых двигателей или противо-давленческих турбин малой мощности, вырабатывающих тепловую энергию на режиме теплового потребления. Следует отметить, что применение противодавленческих турбин не лучший вариант, поскольку их применение в больших масштабах потребует большого количества высококвалифицированного персонала. Применение в котельных малогаборитных двигателей с

генераторами электроэнергии позволит с относительно незначительными дополнительными затратами топлива может обеспечить полное или частичное автономное электроснабжения предприятия, повысить надежность его энергообеспечения, резко снизить расходы как показал опыт в два раза, на потребляемую из системы электроэнергию. Реализации идеи когенерации процессов на малых источниках тепла посвящено много работ. Это разработки различных схем комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на базе применения газотурбинных установок, паротурбинных установок, парогазовых установок, двигателей внутреннего сгорания, а также схем с тепловыми насосами. Эти схемы интересны и реализованы на некоторых предприятиях. Например, с «ЗАО Дорогобуж Смоленской области», на предприятии реализовано мини ТЭЦ с противодавленческой турбиной, завод им. Климова г. Санкт-Петербург мини ТЭЦ с турбиной 1 МВт, завод Балтика реализовано мини ТЭЦ с турбиной 1 МВт. Как показывает опыт использования таких систем, они показывают хорошие экономические показатели на предприятиях, работающих в 3 смены. Что касается малых предприятий и соответственно небольших котельных, то реализация принципа когенерации с достаточной эффективностью может быть реализовано при наличии паровых машин с хорошей регулировочной способностью, здесь хорошо подходят винтовые турбины с мощностью от 250 кВт до 1 МВт освоено в России. Один из вариантов реконструкции относительно небольших паровых производственных котельных. Мини ТЭЦ может явиться использование винтового двигателя, работающего на перепаде, вместо дроссельного устройства, типа РОУ, приводящего в действие генератор электрической энергии. Рис.1.

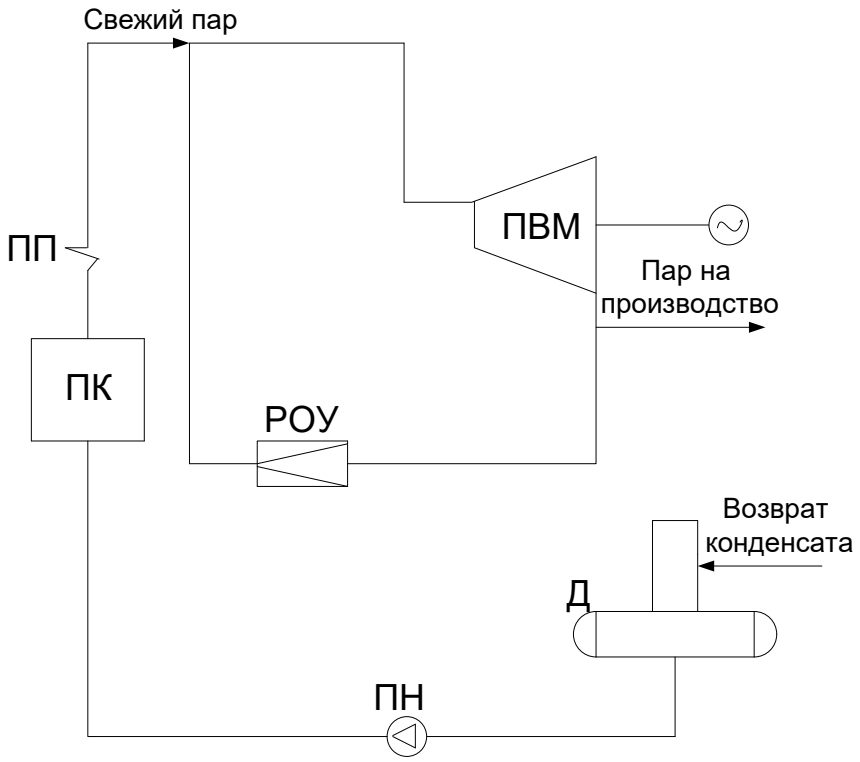


Рисунок 1. Реализация схемы замены РОУ на винтовую турбину

где ПК- паровой котел; ПП- пароперегреватель; РОУ- редукционно-охладительная установка; ПВМ- паро-винтовая машина; Д-деаэратор; ПН- питательный насос.

Использование винтовой паровой машины имеет ряд преимуществ:

- высокий КПД в широком диапазоне режимов;
- простота конструкции, достаточно невысокая стоимость;
- высокая маневренность;
- возможность работы паровой машины, как на влажном паре, так и на вскипающем потоке.

Второй путь, он представляет интерес, это использование винтовой турбины в качестве машины, работающей на вскипающем потоке. Такой подход может быть реализован на водогрейных котельных, однако он требует глубокой термодинамической и конструктивной проработки. Решение задач представляется в следующем виде, завышается давление в водогрейном котле так что температура воды составляет 210°С. Процесс 1,2 рис.2.

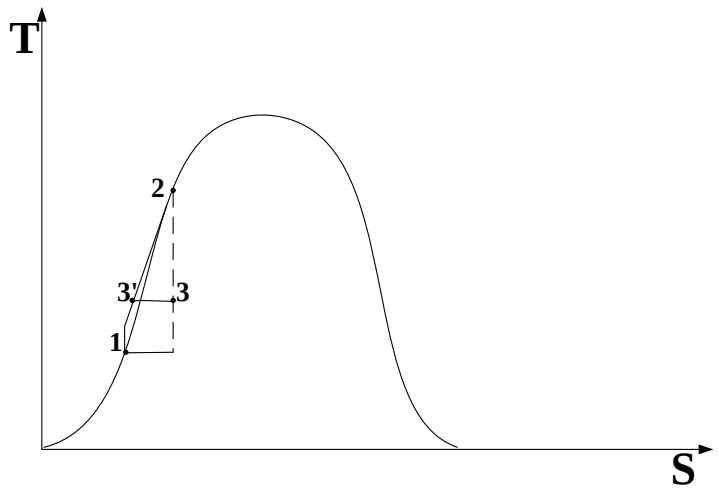


Рисунок 2. Иллюстрация в TS диаграмме работы паровой машины на вскипающем потоке

«Перегретая вода» направляется в винтовую турбину и расширяется в процессе 2-3 в виде вскипающего потока до температуры 130℃ с выработкой электрической энергии. Далее поток направлен в сетевой подогреватель и нагревает сетевую воду процесс 3-3[1].

Список литературы:

1. Вайсман М.Д. Термодинамика парожидкостных потоков. –М.: «Энергия» Ленинградское отделение, 1977.-274с.
2. Зырин В.А. и др. Вскипающие адиабатные потоки – М.: Атомиздат, 1986.-157с.
3. Речин А.Л., Чернн Р.А, Речин А.Л. Методика расчета рабочего процесса винтового парового двигателя// Материалы V международной конференции. Новочеркасск, 2015. -С. 29-33.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛОЙ КОГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЗОН

Малахов Олег Владимирович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Федосова Таисия Юрьевна
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

TECHNICAL AND ECONOMIC FEATURES OF APPLICATION OF SMALL COGENERATION FOR ENERGY SUPPLY OF INDUSTRIAL ZONE

Oleg Malakhov
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Taisiya Fedosova
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследованы возможности применения в отечественной энергетике генерирующих систем с ограниченными мощностями. Использованы монографический и абстрактно-логический метолы исследования. Установлено, что в этой области широкие перспективы имеет применение когенерации.

ABSTRACT

The article explores the possibilities of using generating systems with limited capacities in the domestic energy sector. Used monographic and abstract logical methods of research. It has been established that the application of cogeneration has broad prospects in this area.

Ключевые слова: когенерация, малая энергетика, синхронизация.

Keywords: cogeneration, small energy, synchronization.

В условиях плановой экономики доперестроечной эпохи осуществлялась ориентация на централизованное электро и теплоснабжение при этом концентрация производимой мощности в одном производителе позволяла увеличить единичную мощность и термодинамические параметры рабочего тела а именно температуру и давление, и как следствие увеличить КПД генерирующей системы. Это тянуло за собой повышение показателей рентабельности производства. Создавались крупные промышленные зоны с большой концентрацией производства что требовало создания теплоэнергетических систем ТЭС с установленной мощностью в среднем от 400 МВт до 1000 МВт. Атомные станции здесь не рассматриваются, поскольку это отдельный и специфический сегмент энергетической экономики, и «гениальная» реформа энергетики, проведенная в начале 2000-х годов, их экономической структуры не коснулась.

Отсутствие в системах энергопроизводства малых независимых агентов обусловлено наличием достаточно оригинального экономического механизма, заключающегося во введении замыкающих затрат на электроэнергию и отсутствием назначенной цены на тепловую энергию, потребитель платил только за доставку. Этот механизм позволял держать рентабельность предприятий на достаточно высоком уровне. Внедрение малой энергетики на предприятиях был как энергетически из-за относительно небольших термодинамических КПД, так и экономически не выгоден. Реформа энергетики начала 2000 годов разрушила экономические принципы построения энергетических систем, что привело к необоснованному росту цен на тепловую энергию и далее падению рентабельности производства. Производственные предприятия для удержания на плаву стали строить котельные, убив таким образом саму идею централизованного производства знергоресурсов. Централизованные источники энергии перешли в нерасчетные режимы далекие от оптимальности и стали на путь вымирания. Поскольку возврата к плановой организации работы топливно-

энергетического комплекса не предвидится, то этот процесс развала энергетики будет продолжаться.

Эта проблема уже много раз дискутировалась, как в различных публичных изданиях, так и на энергетических семинарах и конференциях. Может так получиться, что неким спасательным кругом на период аккумуляции финансовых средств для воссоздания и строительства крупных энергетических мощностей, может стать малая энергетика. Это и строительство новых генераций энергии малой мощности совместной выработки. Перевод отопительных мощностей промышленных предприятий в режим мини-ТЭЦ – один из перспективных методов, имеющий уровень технико-экономических показателей хорошей экономики (цена тепловой энергии меньше в три раза, электрической в два раза меньше, сроки окупаемость порядка пяти лет). Возможность реализации указанного направления вызывает интерес у потенциальных производителей, а иногда и необходимость, энерго-оборудования в заказах на конструкторские разработки и изготовление. При этом важную роль будут играть различные типы мини-ТЭЦ, а именно: паровые с учетом противодавленческих турбин, парогазовые и газотурбинные, дизель-генераторные и газо-поршневые установки, ориентированные на покрытие нагрузок малой концентрации.

Следует отметить термодинамические показатели планируемых к широкому строительству малых когенерационных систем параметры рабочего тела которых обычно будут составлять: давление порядка 1.4 Мпа, температура горячего источника 200 градусов. Тогда термический КПД предельнодостижимый составит 38% а технологически достигнутый около 19% по производству электрической энергии. Такие маленькие показатели не обеспечат рентабельность источника как централизованного, однако цена электрической энергии по замыкающим затратам или топливной оставляющей будет около 3-х рублей за КВт/час, что позволяет уйти от грабительской наценки сбытовых кампаний при этом тепловая энергия становится бесплатной. Такие показатели позволяют иметь сроки окупаемости до пяти лет.

Энергетическая стратегия России, принятая в 2000 году, закончила свой срок, что имеем в остатке по строительству малой энергетики. Произошло большое строительство на многих предприятиях имеются мини ТЭЦ, особенно этот процесс заметен в городах не имеющих собственной генерации.

Однако потребность новых оценок экономической обоснованной целесообразности используемых технических решений по развитию теплоснабжения и электрификации потребителей, как жилищного сектора, так и производственных предприятий тепловой и электрической энергии осталась. В частности, необходимо продолжать рассматривать и обсуждать темы, связанные с оптимальностью применения централизованных и децентрализованных источников энергии, вопросы повышения надёжности тепловых и электрических сетей и пути снижения инвестиционных затрат, возможности применения нетрадиционных источников энергии.

Практическая конструкторская реализация и строительство надстроечных источников энергии малой и средней мощности для потребителей ЖКХ и промышленных предприятий локального бесперебойного энергоснабжения промышленных предприятий с созданием перспективы для эффективного конкурентного энергетического рынка с частичной децентрализацией энергосистем, снижением стоимости электрической энергии в локальной сети до дух раз и улучшением инфраструктур, позволит в значительной степени заменить дорогую электроэнергию на более дешёвую, уменьшить дефицит качественной тепловой и электрической энергии, будет, в целом, иметь значительный экономический эффект для обеспечения рентабельности предприятия.

По прежнему не решен вопрос разрешения для независимого от энергосистемы производства электрической энергии, упрощения схемы согласований по синхронизация работы мини-ТЭЦ с энергосистемой, что тормозит внедрение новых технологий производства тепловой и электрической энергии.

Однозначно поможет в техническом развитии предоставление целевых грантов, направленных на конструкторские проработки, исследовательским организациям для разработки конструкций, технологий и концепций создания

локальных энергосистем и источников когенерации малой мощности, а также исследований оптимальности применения выявления эффективных режимов тех или иных энерго-генерирующих установок.

Совершенно отсутствуют центры производства турбогенераторной техники малой и средней мощности, что будет продолжать сдерживать развитие данного направления.

Список литературы:

1. Боровков В.В., Бородина А.А. Развитие малой энергетики как важный элемент стратегической перспективной программы и энергосберегающей политики России. // Энергетика. – №5. – 2016. – с. 157-164.
2. Основные положения Энергетической стратегии России в малой энергетике на период до 2020 года // Прил. к журн. “Энергетическая политика”. – М.: ГУ ИЭСКР, 2001. – 135с.
3. Саунин В.И., Мехнина Н.Ю. Проектная оценка технико-экономических показателей мини-ТЭЦ // Проблемы реальной экономии топливно-энергетических ресурсов на промышленных предприятиях и ТЭЭС: Междвуз. сб. науч. ст. – С-Пб.: Издательство ПСПбГТУРПК, 2019. – С.205-208.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов и втузов. – Издание 7-е, стереотипное, М.:Издательство МЭИ, 2002 г. – 360с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Могилев Виталий Викторович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Поздняков Игорь Анатольевич
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN ORGANIZATION OF WORK OF HEATING SYSTEMS OF INDUSTRIAL ENERGY

Vitaly Mogilev
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Igor Pozdnyakov
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье проанализированы результаты режимов регулирования теплофикационных систем с использованием цифровых технологий. Использованы расчетно-графический и абстрактно-логический методы исследования. Сделаны предложения по выбору режимов работы теплофикационных систем.

ABSTRACT

The article analyzes the results of the modes of regulation of heating systems using digital technologies. Computational-graphic and abstract-logical research methods were used. Proposals have been made on the choice of operating modes of heating systems.

Ключевые слова: регулирование, цифровые технологии, система теплофикации.

Keywords: regulation, digital technologies, district heating system.

Потребление тепловой как в промышленных, так и в энергосистемах имеет неравномерный характер с изменением в течение года (сезонное), месяца, а иногда и суток. В связи с чем имеется насущная потребность в регулировании поставки теплоносителя обусловленное требованиями энергосбережения на источнике и всей системе, так и обеспечения качества теплоснабжения.

В зависимости от места реализации, регулирование процесса поставки теплоносителя подразделяют на теплоисточнике, в центральных тепловых пунктах, в корпускных тепловых пунктах, и регулировании, имеющем зачаточный характер, непосредственно на теплопотребляющем оборудовании. Для обеспечения качественного теплоснабжения практикуется регулирование, объединяющее минимум два вида. Как известно, все виды регулирования поставки тепла в теплоэнергетических системах подразделяются на три вида:

- качественное регулирование, осуществляемое за счет изменения температуры сетевой воды при неизменном расходе; здесь следует отметить, что этот вид регулирования энергетически и экономически наиболее выгоден, но его и труднее осуществимый из-за необходимости внедрения цифровых автоматических систем.
- количественное регулирование отпуска теплоты за счет изменения подачи сетевого теплоносителя; наиболее простой, доступный и чаще всего применяемый.
- качественно-количественный, использующий два перечисленных выше способы регулирования.

Подход к регулированию параметров отпускаемого теплоносителя в теплофикационных системах весьма неоднозначен и существенно влияет на экономические показатели работы источника, особенно ТЭЦ, и качество теплоснабжения потребителя, чаще выражаемое в допускании перетопа.

Наиболее качественно решить задачу оптимального построения системы источник потребитель путем выбора способа регулирования можно при проектировании теплоснабжающей системы под комплекс в данном случае агропромышленных объектов теплоснабжения. Это предполагает под обоснованную технологию отпуска и регулирования теплоты с учетом принятого температурного графика осуществлять проектирование схемы источника, выбора основного и вспомогательного оборудования, проектирования магистральных и внутриквартальных тепловых сетей, внутренних трубопроводов и теплоиспользующих приборов жилых и агропромышленных зданий.

В системах теплоснабжения спроектированных и построенных в период семидесятых годов прошлого столетия и действующих в настоящее время задача выбора оптимальной технологии регулирования тепловой нагрузки для каждой действующей системы теплофикации решение имеет индивидуальный характер. В качестве задачи оптимизации транспортировки теплоты получается позволительным рассматривать лишь корректировку существующих способов регулирования в тесной связи с происходящими изменениями в режиме работы системы источник потребитель.

Давая характеристику происходящим изменениям, следует выделить следующее: резкое в той или иной степени уменьшение доли производственной тепловой нагрузки, имеющей базовый характер и определяющей качественные показатели регулирования поставки тепла, хорошо просчитанным и отражаемые коэффициентом теплофикации; с другой стороны, увеличение доли жилищно-коммунальной нагрузки, имеющей резко переменный годовой характер. Этот процесс выхолащивает оптимизационный смысл и значение коэффициента теплофикации.

Подавляющее число централизованных систем теплофикации сформированные в прошлом столетии можно характеризовать как крупные или глобальные для всего города. В основе регулирования таких систем использовался температурный график 150/70, как оптимум в системе графиков эксплуатационных и капитальных затрат технико-экономической оптимизации. Большую часть в

качестве источника выступали тепловые электроцентрали, в значительно меньшей степени котельные, которые были пиковыми или районными (для городской застройки). Центральное качественное регулирование поставки тепловой энергии определяло оптимальную работу структуры источник-потребитель. Базовая часть годового графика тепловой нагрузки обеспечивалась паром 250-180 градусов из теплофикационных и промышленных отборов турбин на центральном источнике, остальная неравномерная часть пиковой котельной. Районные котельные работали со срезкой температурного графика 130/70 и ниже с сохранением качественного регулирования. Если рассмотреть зарубежный опыт теплофикации, где в большей степени присутствуют малые теплофикационные системы и индивидуальное теплоснабжение, можно отметить тенденцию к низкотемпературному теплоснабжению и приоритетному применению количественных способов регулирования.

Расчеты экономических показателей работы от больших к малым теплоснабжающим системам показывают для больших систем лучшие экономические показатели дают качественное регулирование, средние системы качественно-количественное регулирование, в малых системах предпочтительнее применять количественное регулирование.

На основании анализа проведенных расчетов можно выделить следующее: экономически оправданным и реально осуществимым мероприятием в действующих малых теплофикационных системах агропромышленного комплекса является технико-экономически обоснованная срезка температурного графика с учетом состояния оборудования систем климатологических реалий региона;

Проведенные расчеты показали, что при срезке температурного графика проявляется некий эффект недоотпуска тепловой энергии, который имеет незначительную величину и за счет аккумулирующей способности зданий не сказывается на комфортности потребителей.

Основные моменты энергосбережения достигаются только за счет внедрения развитых цифровых автоматических систем.

Список литературы:

1. Пилипенко Н.В., Спиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей.-СПб: НИУ ИТМО, 2013.-274с.
2. Родионов В.Г. Энергетика: Проблемы настоящего и возможности будущего. (электронный ресурс)- М.: ЭНАС.2010.-352 с. http//e.lanbook.com/book/3850.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. /Е.Я. Соколов.-М. Изд-во МЭИ. 2018.-472 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Новикова Екатерина Георгиевна
студент,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Михралиев Малик Навиманович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

PRACTICAL USE OF UNCONVENTIONAL AND RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX

Ekaterina Novikova
Student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moskow Energy institute,
Russia, Smolensk

Malik Mikhraliev
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moskow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследованы возможности практического использования в отечественном агропромышленном комплексе нетрадиционных источников энергии. При написании статьи использовались монографический и абстрактно-логический методы исследования. По итогам исследования сделан вывод о перспективности применения нетрадиционной энергетики в составе комбинированных автономных систем.

ABSTRACT

The article explores the possibilities of practical use of non-traditional energy sources in the domestic agro-industrial complex. When writing the article, monographic and abstract-logical research methods were used. Based on the results of the study, it was concluded that the use of non-traditional energy as a part of combined autonomous systems is promising.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, нетрадиционная энергетика, комбинированное использование.

Keywords: agro-industrial complex, non-traditional energy, combined use.

Специфика агропромышленного производства, большой потенциал его развития в экономике современной России и высокие экологические требования к качеству сельскохозяйственной продукции открывают широкие возможности применения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ). Практика использования НВИЭ в отечественном агропромышленном комплексе показала, что обеспечить их эффективность возможно только в комбинированных автономных энергосистемах (КАЭС). При этом оптимальный состав энегропотребления обеспечивается за счет комбинирования традиционных и различных видов нетрадиционных источников энергии, в зависимости от вида сельскохозяйственной продукции, определяющей специфику производственного цикла, климатических и географических условий региона применения и времени года.

В климатических зонах, благоприятных для использования энергии ветра и солнца, биогазовые установки следует дополнить ветроустановкой для выработки электрической энергии и гелиоустановкой – для выработки теплоты. Такие установки рекомендуются для крупных сельскохозяйственных предприятий животноводства и птицеводства, поскольку только в этом случае могут быть рентабельны. Очевидным аргументом в пользу использования преобразователей солнечной энергии является то, что крупные животноводческие комплексы

имеют большую площадь, следовательно, на их крышах достаточно места для размещения солнечных коллекторов. Одна из рекомендуемых схем с использованием солнечной энергии для обеспечения требуемого теплового режима в метантенке биогазовой установки приведена на рис. 1.

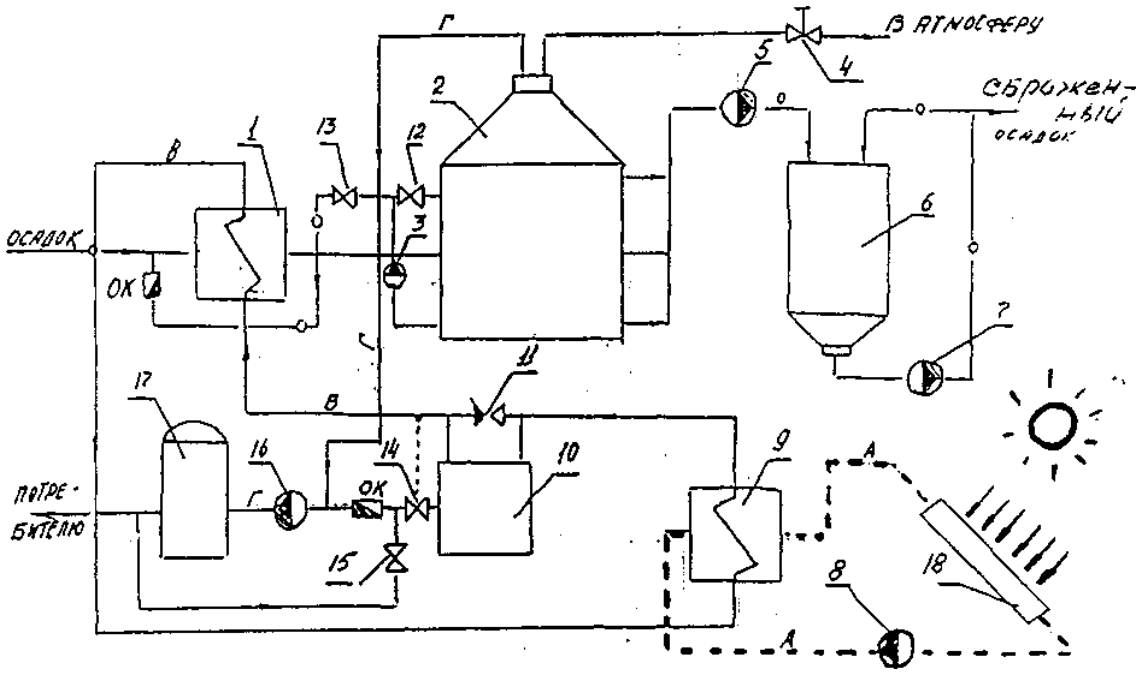


Рисунок 1. Схема комплексной солнечно-биогазовой установки: 1,9- теплообменники; 2 – метантенка; 3,5,7,8 – насосы; 4 – предохранительный клапан; 6 – отстойник; 10 – котел; 11,12,13 – вентили; 14,15 – регулирующие клапаны; 16 – компрессор; 17 – газгольдер; 18 – солнечные коллекторы , Г- газопровод, А-цикл антифриза

Серьезной проблемой, определяющей эффективность функционирования КАЗС с использованием НВИЭ, является возможность накапливания и сохранения энергии, с целью обеспечения равномерности режимов ее производства и потребления. Среди известных методов теплового аккумулирования значительный интерес представляет сорбционное аккумулирование. Тепловые потери при этом методе минимальны, аккумулирование энергии может осуществляться при температуре окружающей среды, а объемная плотность запасенной энергии будет достаточно высокой.

Кроме этого, сорбционные установки являются одновременно и термотрансформаторами, т.к. аккумулирование теплоты в них сочетается с повышением ее потенциала. В летнее время такое предлагаемое оборудование может использоваться для выработки холода.

Рабочие процессы в гелиоадсорбционных термотрансформаторах- аккумуляторах аналогичны процессам в гелиоадсорбционном холодильнике, предназначенном для выработки льда или непосредственного охлаждения питьевой воды. Результаты исследований термотрансформатора-аккумулятора могут быть применены при создании солнечного водоохладителя.

Трансформаторы тепла, работающие на явлениях сорбции, не имеют движущихся частей, не производят шума, требуют минимального обслуживания, просты в управлении и, главное, позволяют использовать низкопотенциальное тепло вторичных ресурсов геотермальной и солнечной энергии.

Принципиальная схема адсорбционного термотрансформатора-регенератора сезонного действия приведена на рис. 2. Работает он в двух режимах: летнем и зимнем.

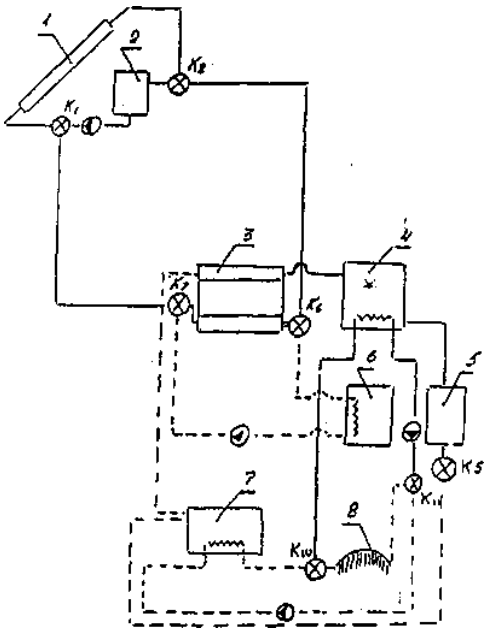


Рисунок 2. Схема адсорбиционного теплового насоса с использованием солнечной энергии и аккумуляторов для сезонного аккумулирования энергии: 1 – гелионагреватель; 2 – бак-аккумулятор; 3 – адсорбер; 4 – конденсатор; 5 – ресивер; 6 – потребитель теплоты; 7 – испаритель; 8 – грунтовый теплообменник (зимний режим, летний режим)

Летний режим: Адсорбционный тепловой насос работает только днем. Солнечное тепло от гелионагревателя 1 через краны Kl, К2, бак-аккумулятор 2, краны К6, К7 поступает в адсорбер, где происходит регенерация сорбента. Образовавшийся пар поступает в конденсатор 4, где конденсируется, и полученная при этом теплота конденсации поступает в грунтовый теплообменник 8 через краны К10 и Kl 1.

Зимний режим: Адсорбционный тепловой насос работает круглосуточно. Из ресивера 5 конденсат через кран К5 поступает в испаритель 7, где испаряется за счет теплоты, поступающей из грунтового теплообменника 8 через краны К10, Kl 1. Пары из испарителя 7 поступают в адсорбер 3, где поглощаются сорбентом. Получаемая при этом теплота адсорбции может использоваться для нужд отопления потребителем 6 через краны К7, К6.

Таким образом можно утверждать, что в настоящие время существуют все условия для широкого практического внедрения КАЭС с использованием НВИЭ в отечественном агропромышленном комплексе. Сюда относятся благоприятная макроэкономическая ситуация; большое количество научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в области создания КАЭС с использованием НВИЭ для агропромышленного производства; определенный практический опыт применения КАЭС в сельской местности и существование относительно надежных и эффективных систем аккумулирования энергии, произведенной нетрадиционными источниками.

Список литературы:

1. Васильев Ю.С., Елистратов В.В. Теоретические и прикладные аспекты комплексного использования возобновляемых источников энергии. Изв. РАН. Энергетика. № 3. 1999 – 24-31 с.
2. Земсков В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК. / В.П. Земсков – С-Пб. Лань, 2014 – 368 с.

КОМБИНИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ

Новикова Екатерина Георгиевна
студент,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Коваленко Валерий Александрович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

COMBINED USE OF UNCONVENTIONAL AND RENEWABLE ENERGY SOURCES IN AUTONOMOUS SYSTEMS

Ekaterina Novikova
Student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moskow Energy institute,
Russia, Smolensk

Valery Kovalenko
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moskow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен перспективный вариант практического использования нетрадиционных источников энергии. При ее написании использованы абстрактно-логический и монографический методы исследования. В результате проведенного исследования сформулированы требования к источникам нетрадиционной энергетики и предложен перечень мероприятий, обеспечивающих надежность их работы в составе комбинированных автономных систем.

ABSTRACT

The article discusses a promising option for the practical use of unconventional energy sources. Abstract-logical and monographic research methods were used in its writing. As a result of the study, the requirements for sources of unconventional energy were formulated and a list of measures was proposed to ensure the reliability of their operation as part of combined autonomous systems.

Ключевые слова: комбинированные автономные энергосистемы, надежность, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

Keywords: combined autonomous power systems, reliability, non-traditional and renewable energy sources.

Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) как составной части комбинированных, автономных энергосистем представляется наиболее целесообразным для агропромышленного комплекса. Это обусловлено спецификой агропромышленного производства и значительным потенциалом его развития, в силу макроэкономической конъюнктуры современной России, складывающейся под существенным влиянием экономических санкций. Следует учитывать специфику применения НВИЭ в агропромышленном комплексе, которая обусловлена рядом факторов.

Любой конкретный НЭИВ не является универсальным, подходящим для использования в любой ситуации, в любом регионе, в любое время. Потенциальные возможности применения определяются конкретными природными и климатическими условиями и производственными потребностями. В этом отношении энергетика на НВИЭ подобна агропромышленному производству, в котором рентабельность возделывания той или иной культуры зависит от качества почвы, природных условий и рыночного спроса на нее. Следовательно, невозможно предложить простой и универсальный метод планирования энергетики на НВИЭ в пределах такой большой и разнообразной страны, как Россия.

Характерный размер территорий, в рамках которых разумно планировать энергетику на НВИЭ может занимать площадь 100-200 тыс. кв.км.

Потенциальные возможности некоторых регионов России по использованию энергии НВИЭ весьма существенны, однако их широкое внедрение в настоящее время сдерживается технико-технологическими и экономическими причинами. Среди технологических факторов следует отметить отсутствие широкого спектра реальных законченных разработок и готовых установок, выпускаемых серийно с применением специального оборудования и оснастки, прогрессивных специальных материалов и комплектующих узлов.

Можно утверждать, что целый ряд экономических и социальных факторов будет способствовать усилению интереса со стороны агропромышленных предприятий к приобретению и эксплуатации КАЭС, включающие агрегаты и установки, использующие энергию НВИЭ. К этим факторам следует отнести необходимость обеспечения надежного и качественного энергоснабжения в условиях увеличения объемов производства; повышение законодательных требований к экологической безопасности окружающей среды и сельскохозяйственной продукции; льготы, предоставляемые в рамках налоговой и кредитной политике по отношению к пользователям, производителям и разработчикам новой техники, в том числе нетрадиционной энергетики.

При разработке структурно-функциональных схем комбинированных автономных энергосистем (КАЭС) на основе использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии следует руководствоваться следующими базовыми принципами.

С целью достижения баланса энергии и увеличения надежности работы КАЭС, при использовании нескольких видов энергии (солнечной радиации, энергии ветра и воды) целесообразно их совместное использование. Комбинированное использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, наиболее эффективно при условии неравномерного поступления энергии от них, когда установки, использующие НВИЭ, дополняют друг друга. Таким образом, ключевым вопросом создания локальных КАЭС на основе НВИЭ является выбор

рациональной комбинации энергоустановок, т.е. функциональной, технической и технологической структуры КАЭС.

Рациональное использование местных и поставляемых в регион топливно-энергетических ресурсов;

При разработке схем комбинированного вовлечения НВИЭ в топливно-энергетический баланс агропромышленного комплекса региона следует учитывать его специфические особенности, с учетом географического, климатического и демографического факторов.

Исходя из этого, можно сформулировать требования к оборудованию комбинированных автономных энергосистем, преобразующих энергию возобновляемых источников. А именно, для осуществления быстрого и экономически эффективного развития комбинированных энергетических систем необходимы новые высокотехнологичные, высокоэкономичные и мощные агрегаты и, в целом, оборудование, соответствующее современному научно-техническому уровню развития энергетики. Экономичность, производительность, надежность и долговечность выпускаемого энергетического оборудования – важнейшие показатели его совершенства. Надежность – сложное свойство оборудования и конструкций, включающее такие характеристики, как безотказность, долговечность, ремонтнепригодность и сохранность, т.е. показатели, которые определяют эффективность использования техники и качество её работы. Работоспособность оборудования, использующего энергию возобновляемых источников, определяется одновременным влиянием большого количества факторов, имеющих подчас противоречивый характер. В этих условиях разрешение противоречий при разработке и внедрении КАЭС с использованием НВИЭ является основным методом работы. Следует учитывать все факторы, которые могут привести к снижению работоспособности оборудования на стадиях проектирования, производства и эксплуатации. При определении расчетной работоспособности необходимо принимать во внимание такие факторы, как свойство материалов, изменение условий в процессе работы, ресурс оборудования, а также несоответствие реального применения условиям, принятым в расчете. Фактическая работоспособность

оборудования определяется действующими факторами нагрузки, однозначностью и стабильностью схем нагрузки, наличием и накоплением остаточных явлений, последствиями функциональных нарушений, а также погрешностями в эксплуатации. При этом требуемая работоспособность оборудования, использующего НВИЭ, может быть задана как коэффициентом запаса, так и предельными значениями или диапазоном её значений. Стандартные технологические мероприятия для обеспечения надежности и работоспособности оборудования НВИЭ приведены на рис.1.

Рисунок. 1. Мероприятия по обеспечению надежности и работоспособности оборудования НВИЭф

Список литературы:

1. Земсков В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК. / В.П. Земсков – С-Пб. Лань, 2014 – 368с.
2. Салихов А.А. Неоцененная и непризнанная «малая» энергетика. / А.А. Салихов. – М. Новости теплоснабжения, 2009. – 174с.

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Новикова Екатерина Георгиевна
студент,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Хартов Анатолий Владиславович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

ASSESSMENT OF THE USE OF NON-CONVENTIONAL SOURCES IN INDUSTRIAL ENERGY

Ekaterina Novikova
Student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moskow Energy institute,
Russia, Smolensk

Anatoly Khartov
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moskow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье анализируется использование нетрадиционных и возобновляемых источников в отечественной энергетике. При ее написании применялись абстрактно-логический и монографический методы исследования. По итогам выполненного исследования предложен перечень мероприятий, позволяющих успешно внедрять нетрадиционную энергетику в России.

ABSTRACT

The article analyzes the use of non-traditional and renewable sources in the domestic energy sector. Abstract-logical and monographic research methods were used

in its writing. Based on the results of the study, a list of measures was proposed to successfully introduce non-traditional energy in Russia.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, внедрение.

Keywords: fuel and energy complex, non-traditional and renewable energy sources, implementation.

Большое внимание, уделяемое в мире развитию «зеленой энергетики», базовой составляющей которой являются нетрадиционные и возобновляемые источники способствует их применению в отечественном ТЭК. Существенной проблемой остается обеспечение экономической эффективности НиВИЭ. Так в 2020 году на долю нетрадиционной энергетики приходилось порядка 1ГВт генерирующих мощностей. В основном это веторовые – 714 МВт и солнечные – 285 МВт энергетические системы. По мнению специалистов из Ассоциации развития возобновляемой энергетики в 2021 году себестоимость электрической энергии произведенной на ветро-энергетических установках, не превысит 5 руб. за кВтч. Это сопоставимо с ценой по которой получают электрическую энергию домашние хозяйства то электростанций централизованной энергосистемы, что позволяет применять нетрадиционную энергетику в комбинированных автономных энергосистемах. Однако общая доля НВИЭ в энергетическом балансе страны не превышает 0,5 %. Это объясняется следующими причинами.

Надежность оборудования во многих случаях низка. Это снижает коэффициент готовности установок, требует частых ремонтов, что удорожает эксплуатацию. В ряде случаев отсутствуют стандарты, сертификаты и гарантии на производимое оборудование.

Отечественный энергетический сектор характеризуется инерционностью. В течении 20 века существовала устойчивая тенденция к созданию крупных централизованных источников энергоснабжения, которая была оправдана

технологически и экономически. Сравнительно мелкие энергоустановки, использующие НВИЭ, не укладываются в эту стратегию.

Существующее законодательство не создает стимулов для производителей и пользователей НВИЭ. Неоднозначно сформирована нормативно-правовая база, регламентирующая взаимоотношения между мелкими частными производителями энергии и энергосистемами, в частности, в отношении тарифов на энергию, продаваемую в сеть.

Отмеченные факторы дают представление о действиях, которые следует предпринимать для создания условий, способствующих широкому и интенсивному внедрению НВИЭ. При этом позитивную специфику их широкого применения обуславливают организационные, экономические и технологические последствия реформирования РАО ЕЭС: активный переход генерирующих мощностей в стране на природный газ, как более экономически эффективный и экологически чистый вид топлива и, в связи с этим, рост эффективности применения в сельской местности и районах географически удаленных от централизованных источников энергии автономных, комбинированных энергосистем. Быстрое развитие цифровой экономики, сопряженной с ростом спроса на энергию со стороны локальных потребителей, также способствует их развитию. А ужесточение требований экологической безопасности создает приоритетные условия для применения в комбинированных автономных энергосистемах НВИЭ.

Отечественные системы энергообеспечения в регионах, получающих электроэнергию от Единой Энергетической Системы России, характеризуются разветвленными распределительными электрическими сетями общей протяженностью 2,5 млн. км. Их техническое состояние, особенно в сельской местности не способно обеспечить надежное энергоснабжение потребителей. Перерывы в электроснабжении потребителей достигают 70 часов в год, что на порядок выше, чем в странах Западной Европы и Северной Америке.[1].

Невыполнение планов ввода новых энергомощностей, и реконструкции действующих привели к существенному износу энергетического оборудования:

около 57% имеют износ более 50%, полностью выработало свой ресурс порядка 18%.

Все это обусловливает целесообразность реорганизации существующих и создания новых систем децентрализованного энергоснабжения на основе энергоустановок сравнительно небольшой мощности и энергосберегающих технологий и применения эффективных видов топлива. Таким образом возникают условия для комбинированное использования источников энергии, как эффективного способа качественного и надежного энергообеспечения потребителей. Для этого могут применяться на основе совместной работы дизельные и газотурбинные агрегаты, солнечные, ветроэнергетические и биогазовые установки и малые ГЭС.

Успешная реализация практического применения нетрадиционной энергетики в составе автономных комбинированных энергосистем должна быть обеспечена выполнением комплекса технических и организационных мероприятий, которые включают:

- разработку схем комбинированного использования энергоисточников малой и нетрадиционной энергетики в отдельных административнотерриториальных единицах;
- организацию производства энергетического оборудования и установок для малой и нетрадиционной энергетики;
- разработку и реализацию национальной и региональных программ развития энергосберегающих технологий малой и нетрадиционной энергетики;
- реализацию утвержденных отраслевых программ освоения энергетических ресурсов и создания нового эффективного оборудования;
- определение системы мер по государственному стимулированию производства и применения энергетического оборудования, обеспечивающего ресурсосбережение, улучшающего социальные и экологические условия;
- организацию демонстрационных комплексов и базовых организаций по сертификации энергооборудования для малой энергетики.

Источниками финансирования для практической реализации указанных мероприятий должны служить:

- федеральный бюджет и средства отраслей – для разработки приоритетных проектов освоения и производства энергетического оборудования, имеющего эффективный рынок;
- федеральный и региональные бюджеты – для сооружения энергообъектов малой и нетрадиционной энергетики.

Для реализации этого потребуется гибкая система ставок по кредитам, предоставляемым коммерческими структурами, включение в тарифы большой энергетики части средств на развитие малой и нетрадиционной энергетики.

При этом потребитель получит возможность покупать не энергию, а непосредственно энергопроизводящее оборудование. Таким образом, рынок энергетического оборудования будет формироваться при существенном влиянии потребителей: частных лиц, предприятий, муниципальных организаций и отраслей. Это позволит привлечь для финансирования средства населения, предпринимательских структур и муниципальных бюджетов.

Отмеченный подход должен обеспечить благоприятные условия для внедрения нетрадиционной энергетики в отечественный топливно-энергетический комплекс и развитию в нем конкурентной среды, в соответствии с тенденциями заложенными последствиями реформирования РАО «ЕЭС» [2,3].

Список литературы:

1. Быкова А.Ю., Новиков Г.Ю. Подходы к оценке последствий реформирования РАО «ЕЭС России» сб. трудов 8-ой Межд. Науч.- техн. Конф. – Смоленск, 2017. – С.145 – 147.
2. Денисов В.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии./ В.В. Денисов.– М.: Феникс, 2015. – 382 с.
3. Новак А.В. Анализ реформирования РАО «ЕЭС России» и оценка эффективности деятельности созданных на его базе структур // Вести в электроэнергетике. – 2013. – №6 – С.3 – 10.

ПРОБЛЕМАТИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Новикова Екатерина Георгиевна
студент,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Иванов Сергей Сергеевич
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

THE PROBLEM OF INCREASING THE EFFICIENCY OF DOMESTIC HEATING SYSTEMS

Ekaterina Novikova
Student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Sergei Ivanov
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследованы проблемы развития отечественных теплофикационных систем. Использованы абстрактно-логический и монографический методы исследования Сформулированы основные направления, обеспечивающие повышение эффективности теплофикации.

ABSTRACT

The article examines the problems of the development of domestic heating systems. Abstract-logical and monographic research methods are used. The main directions are formulated to ensure an increase in the efficiency of district heating.

Ключевые слова: эффективность, теплофикационная система, удельный расход топлива.

Keywords: efficiency, heating system, specific fuel consumption.

В стране существует большая централизованная система теплофикации. В ней функционирует 316 теплоэлектроцентралей, общей электрической мощностью порядка 90 ГВт и тепловой 260 тыс. Гкал/ч. Оборудование станций составляют турбоагрегаты и энергоблоки, мощность которых меняется в диапазоне от 25 МВт до 250 МВт.[1] Однако широкие экономические реформы, осуществленные в России в 90-е годы 20 века, создали непростые условия для функционирования отечественной теплоэнергетики. В целом его можно охарактеризовать как период неустойчивого развития на грани перманентного кризиса. Причем продолжается это уже 30 лет.

Сложившаяся ситуация обусловлена рядом объективных и субъективных причин:

- установление высоких тарифов на тепловую энергию, отпускаемую со станций промышленным предприятиям и в сферу ЖКХ привели к сокращению потребления ими теплоты и созданию, там, где это возможно, собственных энергогенерирующих мощностей;
- происходит физическое и моральное старение основных производственных фондов ТЭЦ, при это финансовые средства для его реновации и модернизации ограничены;
- недостаточный уровень автоматизации процессами управления тепловыми и гидравлическими режимами системы теплоснабжения и гидравлической защиты элементов тепловых сетей и абонентов в гидравлически зависимой системе присоединения источников теплоснабжения и потребителей;
- неэффективное функционирование отечественной системы теплоснабжения, в которой из-за технического несовершенства и аварийного состояния теряется до 30% передаваемого тепла.

В силу отмеченных факторов, в условиях определяемых технико-экономическими последствиями реформирования РАО ЕЭС, а так же нестабильности мировой рыночной конъюнктуры в области производства и спроса на тепловую и электрическую энергию и энергетические ресурсы для ее получения, ярким примером чего явился беспрецедентный рос цен на газ в Западной Европе, крайне актуальной становится задача повышения эффективности отечественных теплофикационных систем. Очевидно, что она должна базироваться на производственных возможностях мощной централизованной энергосистемы, существующей в стране, широко практикующей комбинированное производство тепловой и электрической энергии на ТЭЦ с одной стороны и обеспечить модернизацию генерирующих и передающих теплоэнергетических систем и получение высокой финансовой прибыли, при нестабильной макроэкономической конъюнктуре с другой стороны. В качестве основными направлений повышения эффективности отечественных теплофикационных систем можно предложить ряд технико-экономических мероприятий.

Продолжать следовать тенденции замены таких видов топлива как уголь, торф и сланцы природным газом и реконструкцией для этих целей теплоэлектроцентралей и котельных с применением только высокоэффективных газотурбинных и парогазовых технологий. Одновременно модернизировать паровые теплофикационные турбины в направлении их перевода на отопительное противодавление с обеспечение ступенчатого подогрева сетевой воды.

Строительство малых ТЭЦ для обеспечения производственных и коммунальных потребностей в тепловой и электрической энергии небольших населенных пунктов. Численностью населения 5-10 тысяч человек, с преимущественным применением парогазовых и паротурбинных установок. Использование системы аккумулирования теплоты на базе аккумулирующей способности тепловых сетей.

Обоснованный выбор при строительстве новых ТЭЦ и котельных их мощности, исходя из зоны теплофикации, оптимизация тепловых схем и

компоновок. Определение оптимальных режимов использования теплогенерирующего оборудования на этапе проектирования и строительства.

Поиск технических решений и использование режимов работы оборудования, позволяющих работать в полупиковой и пиковой частях графика электрической нагрузки системы, с разгрузкой в течении ночи и выходных дней до 50 % от номинальной мощности. Осуществление подбора, реконструкции и модернизации оборудования ТЭЦ и котельных для реализации указанных режимов работы.

Вовлечение АЭС в качестве источника дальнего теплоснабжения крупных промышленных предприятий и городов.

Высокая доля физического и морального износа работающего на тепловых станциях оборудования ведет к уменьшению показателей эффективности энергетики, которая существенно уступает аналогам европейских стран, США и Канады. Энергоемкость отечественного производства в 2 раза превышает удельную энергоемкость экономик развитых стран, при этом удельный расход условного топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии в нашей стране составляет 0,5 кг. Необходимо обеспечить снижение этого значения до приемлемой величины – 360-280 г. Именно удельный расход топлива на выработку тепловой и электрической энергии принято использовать в качестве базового показателя, определяющего результативность комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на ТЭЦ. [2]

Строительство новых и замена изношенных тепловых сетей, с применением прогрессивных технологий и осуществления мероприятий по обеспечению коррозийной стойкости трубопроводов теплосетей с канальной прокладкой. Обеспечение при строительстве новых теплосетей необходимо обеспечивать их высокую тепловую и гидравлическую устойчивость, а так же надежное управление теплоснабжением. Положительным следствием и критерием эффективности указанных мероприятий должно стать исключение практики недогрева и перегрева отапливаемых помещений и повышение, по сравнению с расчетной, температуры обратной сетевой воды и как следствие снижение выработки

электроэнергии на тепловом потреблении, увеличению расхода сетевой воды и затрат электроэнергии на ее перекачивание.

Обеспечение в тепловых сетях необходимой гидравлической плотности, качества сетевой воды и чистоты теплоиспользующего оборудования, за счет совершенствования схем и режимов теплоснабжения. Исключить практику директивного снижения по сравнению с расчетными значениями температуры прямой сетевой воды, что при сохранении расчетной температуры воздуха в отапливаемом помещении вместо экономии топлива приводит к его пережогу.

Создать систему формирования и регулирования тарифов, а также заключению договоров на поставку тепловой и электрической энергии, учитывающую нестабильность рыночной конъюнктуры и устраняющей негативные, с точки зрения экономической эффективности, особенности взаимоотношений производителя и потребителя на энергетическом рынке, в рамках модели монополия – монопсония. В частности, широко использовать практику заключения долгосрочных контрактов (5 и более лет) на поставку и потребление тепловой и электрической энергий, а также топлива, используемого для ее производства.

Успешное комплексное осуществление указанных мероприятий должно обеспечить повышение эффективности и обеспечить устойчивое развитие отечественных систем теплофикации.

Список итературы:

1. Федяев, А.Н. Комплексные проблемы развития теплоснабжающих систем / А.В. Федяев, О.Н. Федяева. – Новосибирск: Наука, 2000. – 256 с.
2. Яковлев, Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения / Б.В. Яковлев. – М.: Новости теплоснабжения, 2008. – 447с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ CO_2 ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОГРЕВА ТЕПЛИЦ

Новикова Екатерина Георгиевна
студент,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Малахов Павел Иванович
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

USE OF THE ABSORPTION CAPACITY OF CO_2 FOR ADDITIONAL HEATING OF GREENHOUSES

Ekaterina Novikova
Student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Pavel Malakhov
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследована проблема очистки остекленных крыш теплиц от снежного покрова. Использованы монографический и абстрактно-логический методы исследования. Предложено использовать для стимулирования очистки двойное остекление, утепленное углекислым газом, закаченным в пространство между стеклами.

ABSTRACT

The article investigates the problem of cleaning the glazed roofs of greenhouses from the snow cover. Used monographic and abstract-logical research methods. It is

proposed to use double glazing insulated with carbon dioxide injected into the space between the panes to stimulate cleaning.

Ключевые слова: углекислый газ, утепление, зимние осадки.

Keywords: carbon dioxide, insulation, winter precipitation.

В настоящее время на территории России используется достаточно большое количество зданий, которые имеют светопрозрачную кровлю. Основная функция таких конструкций – создание естественного освещения подкровельных помещений. Однако наблюдения за уже построенными светопрозрачными кровлями показывают, что в зимнее время такие конструкции выполняют эту функцию лишь частично.

Причиной этому является зимние осадки, скапливающийся на поверхностях крышного остекления. Очевидно, что для нормального функционирования светопрозрачных кровель необходимо, чтобы зимние осадки удалялись с их поверхности, как можно быстрее. Это давно назревшая проблема, которая до сих пор не решена во всем мире. В частности, площади кровель тепличных сооружений могут быть весьма значительными – сотни, тысячи и даже гектары квадратных метров. Поэтому удаление снеговых масс с таких кровель является сложно выполнимой задачей для работников тепличных хозяйств. Для индустриальных теплиц в настоящее время применяется только единственный способ удаления снега – это его стаивание путем нагрева кровельного остекления.

Теплицы блочного типа имеют многоскатные кровли, покрытие которых имеет ломаную архитектуру в виде "гармоники". При этом покрытие кровли должно иметь только одинарное остекление. Очевидно, что при таком способе удаления снега тепловые затраты могут быть весьма значительными.

Однозначно, что время задержки зимних осадков на поверхности крыш теплиц определяется рядом факторов, среди них можно выделить:

1. Зимние осадки. Большое влияние на процесс таяния снега оказывают свойства снега. Два типа зимних осадков, особенности характеристик которых учитывались в расчетах, имеют совершенно разный характер таяния.

2. Ограждающие стеклянные конструкции. При использовании «теплого» остекления снег всегда будет таять медленнее и задерживаться дольше. При использовании однослойного остекления это явление задерживания снега будет наблюдаться только в условиях низких температур наружного воздуха (ниже –15 °С). В остальных же случаях он будет стаивать. При этом, величина снежного покрова, которое останется лежать на поверхности «холодного» остекления во всех случаях будет меньше, чем на аналогичном «теплом» остеклении.

3. Температура наружного воздуха. Если снегопад и таяние снега будет происходить при высоких температурах наружного воздуха (выше –5 °С), то снег в любом случае будет стаивать с остекления.

Способ удаления снеговых масс с кровель тепличных сооружений не путем стаивания, а путем их скольжения по наклонным поверхностям глянцевых стекол, выглядит более рациональным, что связано с гораздо меньшими тепловыми затратами. Учитывается, что покрытие кровли должно быть выполнено в виде панелей с ячейками с двойным остеклением; промежутки между стеклами ячеек панелей должны быть заполнены углекислым газом; на скатах кровли не должны быть каких-либо выступающих элементов, препятствующих сходу снеговых масс.

Нельзя утверждать, что именно двойной расход стекла должен обязательно привести к удорожанию всего сооружения. Известно, что тепличные сооружения относятся к легким конструкциям, на которые действуют ветровые сдвиговые нагрузки. Поэтому увеличение веса сооружений – это увеличение их сопротивления сдвиговым ветровым нагрузкам.

Действительно при двойном остеклении снижается светопрозрачность покрытия. При прохождении дневного света через одинарное стекло толщиной 4 мм потери светового потока составляют 8%. При прохождении же света через двойное остекление потери светового потока уже составят 16%. Ощутимо, но не

критично. Известно, что в теплицах блочного типа дневное освещение преимущественно поступает через кровлю. Тогда как в предлагаемом сооружении дневное освещение поступает не только через кровлю, но и существенно через боковые стены.

К тому же, конструкция сооружения создает наименьшие затенения для растений по отношению к известным конструкциям. Эти меры купируют потери светового потока при двойном остеклении в пасмурную погоду для увеличения освещенности растений в теплицах часто применяется досвечивание тепличными светильниками.

Отсутствие на наружных поверхностях скатов кровель каких-либо выступающих элементов позволит: исключить их как дополнительные источники тепловых потерь, наличие опасности перегрева растений солнечным УФ-излучением, для исключения которого в современных теплицах применяются дорогостоящие автоматизированные шторные устройства; исключить вероятность ожогов растений солнечным жестким УФ-излучением, которое смягчается двойным остеклением и наличием в нем газовой среды; при некоторой величине низкой температуры (ее предстоит установить) снеговая масса будет сходить с наружных глянцевых поверхностей скатов кровель.

Отсутствие на наружных поверхностях скатов кровель каких-либо выступающих элементов позволит: исключить их как дополнительные источники тепловых потерь, наличие которых в известных тепличных сооружениях имеет место; обеспечить беспрепятственное сдувание и сход снеговых масс, а также обеспечить сток воды с поверхностей скатов и устранение накопления на них загрязнений.

Список литературы:

1. Константинов А.П. Процесс накопления зимних осадков на стеклянных куполах. – Журнал «Жилищное строительство», 11/2010 – М.: «Стройматериалы», 2011. – стр. 39-41.
2. Константинов А.П. Снеговые нагрузки на светопрозрачные кровли. – Сборник докладов четырнадцатой международной межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, докторантов и аспирантов. – М: МГСУр АСВ, 2010. – стр. 121-124.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Новикова Екатерина Георгиевна
студент,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Сидоров Виталий Витальевич
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

EFFICIENCY OF ENERGY USE IN INDUSTRIAL HEAT POWER SYSTEM

Ekaterina Novikova
Student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Vitaly Sidorov
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследована проблематика эффективности использования энергии в теплоэнергетических системах. Использованы расчетно-конструктивный и абстрактно-логический методы исследования. Предложены способы повышения эффективности в теплоэнергетической системе.

ABSTRACT

The article examines the problem of energy efficiency in heat and power systems. Computational-constructive and abstract-logical research methods were used. Methods for increasing efficiency in a heat and power system are proposed.

Ключевые слова: эффективность, газовая турбина, термодинамические параметры.

Keywords: efficiency, gas turbine, thermodynamic parameters.

Надстроечные энергетические системы, в состав которых входят газотурбинные и парогазовые установки, играют всё возрастающую роль в структуре энергетических мощностей, используемых как в большой, так и в малой энергетике, вследствие их высокого КПД, высокой маневренности и умеренной удельной стоимости где-то 350$ за один КВт установленной мощности при хорошем выполнении требований по надежности и воздействии на окружающую среду, предъявляемых к оборудованию тепловых электростанций. Схемы как газотурбинных, так и паротурбинных постоянно совершенствуются с целью повышения экономичности, маневренности выражаемой коэффициентом полезного действия КПД и способностью оперативно набирать мощность.

Повышение эффективности системы ГТУ-ПТ возможно двумя путями. Первый подход – термодинамический, это приближение к предельно достижимому КПД Карно в настоящее время это возможно осуществить путем повышения температуры горячего источника и повышением давления рабочего тела.

Хорошо известная из физики формула Карно для КПД имеет вид:

$$КПД=1-Тх.и./Тг.и.$$

где Тх.и., Тг.и.- соответственно температуры холодного и горячего источников тепловой машины.

Для стационарных газовых турбин, температура газов перед входным аппаратом достигнута 1500 градусов, при степени повышения давления в компрессоре более 20, что достигнуто путем внедрения новых материалов: монокристаллических лопаток, хромистых сталей для дисков роторов турбин, высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для корпусов, оригинальной

технологии охлаждения паром элементов камер сгорания, статорных и роторных частей турбины, с дальнейшим использованием пара в паровом цикле. Эти решения позволили приблизить собственный КПД газотурбинной установки приблизить к 40% при предельно термодинамически достижимом для температуры выхлопа 800 градусов 42%. Для паровых турбин температура пара доведена до 640 градусов и соответственно термический КПД составляет 63% достигнутый внутренний 40%.

Второй подход можно назвать схемно-технологическим. Парогазовая система, это каскадная термодинамическая система по срабатываемому располагаемому температурному перепаду.

Если рассмотреть совместную T-S диаграмму газотурбинной и паротурбинной установок, то видно, что чем выше Тг.и. ниже Тх.и. тем выше термодинамический КПД. В современных стационарных промышленных газотурбинных установках температура газов перед турбиной достигает 1500 градусов, а температура пара перед паровой турбиной 640 градусов при таких условиях термический предельно достижимый КПД по формуле Карно составит 84%, уверенно достигаемый КПД парогазовых систем составляет 60%. Если комбинированный цикл состоит из ГТУ и присоединенного паросилового цикла, то КПД установки определяется:

$$КПДпгу=fгту*КПДгту+(1-fгту*КПДгту)*КПДпсу$$

где гту-относительная доля тепла подводимого в ГТУ от общего количества, подводимого в ПГУ.

Такие установки называются бинарным, и когда весь расход топлива поступает в камеру сгорания ГТУ, а присоединенная паросиловая часть использует только тепло отработавших в ГТУ газов. Величина fгту характеризует степень бинарности парогазовой системы.

Из ряда циклов, применяемых в энергетике бинарный цикл имеет наибольшие возможности оптимизации и модернизации. Учитывая, что в таких ПГУ

газотурбинная установка является опорным элементом для успешной оптимизации системы, присоединённая паросиловая часть на характеристики всей системы оказывает меньшее влияние. Экономичность ПГУ зависит от глубины утилизации тепла выхлопных газов и работоспособности пара, вырабатываемого за его счет. В свою очередь результативность работы пара в паровой турбине определяется его давлением и сопряженной с ним температурой – чем выше параметры пара, тем больше работоспособность пара. Однако глубина охлаждения выхлопных газов и получение пара с высоким давлением входят в противоречие.

Главный технический принцип, который должен соблюдаться при подъеме термодинамических параметров рабочего тела – это обеспечение максимально возможной температуры рабочего тела при минимальных оправданных технико-экономически температурных напорах между газотурбинной надстройкой базой, состоящей из парового цикла. Эффективность системы в целом будет зависеть от коэффициента процесса передачи тепла от выхлопных газов ГТУ к паровому циклу. Здесь необходимо организовать максимально возможную передачу тепла к нижней схеме в общем термодинамическом цикле, что может быть организовано при встречном движении тепло-обменивающихся сред.

В надстроенных ГТУ паровых циклах последних поколений в настоящее время применяются барабанные паровые котлы-утилизаторы с давлением пара в контуре высокого давления до 14 МПа. Во всех паро-генерирующих контурах применяется либо принудительная, либо естественная циркуляция воды в нагревательном контуре котла. Как правило, в горизонтальных котлах-утилизаторах применяется естественная циркуляция, а в вертикальных – принудительная или естественная. В последнем случае для побуждения циркуляции при пусках котла-утилизатора предусматриваются специальные устройства или пусковые циркуляционные насосы.

Конструктивные особенности таких систем требуют развитых тепло-обменивающихся поверхностей и учета гидродинамических параметров при организации противоточного движения теплоносителей. Так, например, испарители

должны иметь развитые конвективные поверхности нагрева и, соответствующую компоновку в газоходах, где должно быть организовано опускное движение в вертикальных котлах и подъёмно-опускное в горизонтальных котлах для улучшения показателей теплообмена необходимо разработать гидро-динимические способы турболизации потоков теплообменивающих сред. Как следует из предыдущего раздела, применение сверхкритических параметров пара повышает КПД ПГУ, а для реализации перехода на эту ступень параметров пара прямоточные течения должны быть исключены поскольку технически иное невозможно. В заключение следует сказать, что многоступенчатость системы вызывает дополнительные потери, обычно вызываемые конечной разностью температур рабочих тел, при передаче тепловой энергии между ступенями.

При всех перечисленных особенностях, как термодимнамических, так и технических, надстроенные системы в процессе эксплуатации выявили одну проблему режимного характера, а именно почти полное отсутствие нагрузки по тепловой энергии в летний период, что приводит к необходимости отключения надстроенного газотурбинного цикла. Такой вынужденный режим работы не обеспечивает экономичность работы системы летом, поскольку рентабельность всей системы рассчитана с учетом введения, как показывают термодинамические расчеты не обоснованной, цены на тепловую энергию. При этом считая, что тепловая энергия как будто производится на простой котельной без какой-либо когенерации. Отсутствие тепловой нагрузки летом обусловлено распадом промышленного сектора экономики, вызванного как кризисными ситуациями, и так и рядом принятых не правильных экономических и управленческих решений.

Список литературы:

1. Ольковский Г.Г., ГончаковВ.В. Основные технические направления и тенденции развития свободного рынка газотурбинной и парогазовой тематики (обзор). М.ВТИР. 2017.
2. Подгорный Г.К. Применение газотурбинных и парогазовых технологий при вынужденной реконструкции ТЭЦт и котельных. /Г.К. Подгорный . // Электричекие станции. -2012. – № 5.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Новикова Екатерина Георгиевна
студент,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Ковалев Николай Анатольевич
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

SOME FEATURES OF THE USE OF HEAT RELEASES OF ENTERPRISES IN HEAT SUPPLY SYSTEMS

Ekaterina Novikova
Student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Nikolay Kovalev
Master student,
Department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследована специфика использования тепловыделений предприятий с использованием тепловых насосов. Использованы абстрактно-логический и расчетно-графический методы исследования. Сформулированы и обоснованы условия использования тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения предприятий.

ABSTRACT

The article investigates the specificity of the use of heat emissions from enterprises using heat pumps. Abstract-logical and computational-graphic research methods were

used. The conditions for the use of heat pumps in centralized heat supply systems of enterprises have been formulated and substantiated.

Ключевые слова: тепловой насос, эффективность, тепловыделение предприятий.

Keywords: heat pump, efficiency, heat dissipation of enterprises.

Тепловой насос (ТН) – это установка, обеспечивающая передачу тепла от более холодного теплоносителя к более горячему за счет подвода внешней энергии или затраты работы. ТН могут рассматриваться в качестве альтернативных источников для индивидуальных систем теплоснабжения многоквартирных жилых домов и коттеджей [3].

По многим экономическим оценкам, можно сказать, что применение теплонаносных установок (ТНУ), использующих низко-потенциальную теплоту из окружающей среды, целесообразно для многих регионов нашей страны. Применение подобных ТНУ считается оптимальным как для теплоснабжения, так и для хладоснабжения [2].

Существует два основных режима работы теплонасосной системы отопления: моновалентный, бивалентный.

С целью увеличения эффективности работы теплового насоса, рекомендуют выбирать бивалентный режим работы. Этот режим предполагает работу теплового насоса совместно с другим нагревательным прибором: электрическим или твердотопливным котлом.

Для исследования выбраны объекты с одинаковой расчетной теплопроизводительностью системы в Q_p^T =12 кВт при различных расчетных температурах наружного воздуха, соответствующих климатическим параметрам: г. Кисловодск $t_{\text{н.в.р.1}} = -16°\text{C}$; г.Смоленск $t_{\text{н.в.р.2}} = -25°\text{C}$; г.Иркутск $t_{\text{н.в.р.}} = -33°\text{C}$. Расчетная температура воздуха в помещении в зимний период принимается равной $t_{\text{п}}^{\text{з}} = 20°\text{C}$;

Для покрытия необходимой тепловой нагрузки, выбран тепловой насос ТН-15 и электрический котел. Низкопотенциальным источником тепла при рассмотрении работы ТН принята грунтовая вода, а в роли рабочего хладагента установки – фреон R134a.

Расход теплоты на отопление в течение отопительного периода зависит от температур наружного воздуха и рассчитывается по формуле [3]:

$$Q^T = Q_p^T \frac{t_{\text{п}} - t_{\text{н.в}}}{t_{\text{п}} - t_{\text{н.в.р}}}, \quad (1)$$

где Q_p^T – теплопроизводительность системы теплоснабжения при расчетной температуре наружного воздуха, кВт; $t_{\text{п}}$ – температура в помещении, °С ; $t_{\text{н.в}}$ – температура наружного воздуха, °С; $t_{\text{н.в.р}}$ – расчетная температура наружного воздуха в зимний период,°С.

Для определения температуры наружного воздуха, ниже которой тепловой насос не может обеспечить требуемую тепловую нагрузку, т.е. для определения точки бивалентности, необходимо рассмотреть: зависимость температуры наружного воздуха от количества часов работы системы отопления при определенной температуре наружного воздуха за отопительный период и зависимость изменения теплопроизводительности теплового насоса также от температур наружного воздуха.

Теплопроизводительность теплового насоса, кВт:

$$Q_{\text{ТН}} = G_{wk} \cdot c \cdot \left(t_{kw} - t_{\text{обр}}\right), \quad (2)$$

где G_{wk} – расход воды, проходящей через конденсатор, кг/с;

$c = 4{,}187$ – теплоёмкость воды, кДж/кг·К;

t_{kw} – температура воды, выходящей из конденсатора ТН, °С,

$t_{\text{обр}}$ – температура обратной воды, °С.

Результаты расчётов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты расчета

Город	Расчетная температура наружного воздуха, ℃	Число часов отопительного сезона, час	Нагрузка на тепловой насос, %	Расход теплоты на отопление, кВт	Температура бивалентности, ℃
Иркутск	-33	5780	83,3	9,9	-10
Смоленск	-25	5050	65,8	7,9	-7,5
Кисловодск	-16	3209	58,3	7,0	-2,5

Результаты исследования показали, что при одинаковой расчетной теплопроизводительности системы отопления Q_p^T, точка бивалентности наступает гораздо раньше при более высоких температурах наружного воздуха, чем в условиях более холодного климата. Задавая определенную температуру бивалентности, можно предварительно оценить целесообразную долю использования ТН в покрытии нагрузки на систему отопления. Для уточнения полученных значений необходимо выполнить расчеты с учетом климатических параметров района застройки и параметров принятого к рассмотрению ТН.

Экономическая оценка использования избыточных ВЭР в системах теплоснабжения определяется по приросту интегрального эффекта, руб.:

$$\Delta Э_{ин} = \sum_{t=0}^{Т} (\Delta И_т + \Delta И_{ос} - С_Q^{пп} \cdot \Delta Q_{вэр}^{г}) \cdot \left(\frac{1+h}{1+Е}\right)^t \cdot (1 - н) - \Delta К_{рек,} \quad (1)$$

$$\Delta И_т = \frac{С_т \cdot у_{тф}}{Q_н^р} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{э,тф}} - \frac{1}{\eta_э^р}\right) \cdot \Delta Q_{вэр}^{г}, \quad (2)$$

$$\Delta И_{ос} = \sum_{\lambda=1}^{\pi} В_{ит} \cdot V_{ит} \cdot \eta_\lambda \cdot С_\lambda \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

$$С_Q^{пп} = \left(\frac{\Delta И_{пер} + \Delta И_{аро} + \Delta И_{тп}}{\Delta Q_{вэр}^{г}}\right) \cdot \left(1 + \frac{r}{1-н}\right), \quad (4)$$

$$\Delta К_{рек} = К_{то} + К_н + К_{арм}, \quad (5)$$

где $\Delta И_т, \Delta И_{ос}$ – экономия топлива на источнике теплоснабжения, руб/год;

$С_Q^{пп}$ – удельная стоимость отпущенной от промпредприятия вторичной руб/ГДж; $\Delta Q_{вэр}^{г}$ – количество тепловой энергии, отпущенное за счет ВЭР, ГДж/год; $\Delta И_{пер}, \Delta И_{аро}, \Delta И_{тп}$ – увеличение эксплуатационных затрат на перекачку теплоносителя руб./год; $\Delta К_{рек}, К_{то}, К_н, К_{арм}$– капиталовложения суммарные в реконструкцию системы и установку теплообменного оборудования, руб.

Как видно из приведенных формул, в них отсутствует количественная оценка изменения надежности отпуска теплоты от источника теплоснабжения.

Проведены расчеты для предприятия легкой промышленности Вычисления проводились при следующих исходных данных: $С_т$=0,6 руб./кг, $у_{тф}$ =0,55, $\eta_{э,тф}$=0,306 (Т-110/120- 130), $\beta_{пер}$=0,006, $\eta_{тр,т}$ =0,95, E=0,1, h=0,05, температурный график 65/40°С. Результаты расчетов схемы при утилизации теплоты ВЭР обратной сетевой водой для $\Delta Q_{вэр}$=3 МВт показаны в табл.1.

Таблица 2.

Результаты экономических расчетов использования ВЭР промпредприятий в системах теплоснабжения

Наименование показателя и единицы измерения	Источник	
	ТЭЦ	Котельная
1. Количество отпущенной теплоты за счет ВЭР,·10^3 ГДж/год	50,6	50,6
2. Экономия топлива на источнике, млн. кг/год	0,26	2,02
3. Уменьшение теплофикационной выработки электроэнергии, млн. кВт·ч/год	7,8	-
4. Стоимость сэкономленного топлива, млн. руб/год	0,15	1,21
5. Уменьшение платы за загрязнение окружающей среды, тыс. руб/год	0,1	0,34
6. Увеличение затрат на перекачку теплоносителя, тыс.руб/год	35,1	35,1
7. Стоимость тепловых потерь, тыс.руб/год	34,6	34,6
8. Капиталовложения в насосы и арматуру, млн.руб	1,07	1,07
9. Стоимость эксплуатации дополнительного и существующего оборудования для отпуска избыточной теплоты, млн.руб/год	0,37	0,37
10. Срок окупаемости, год	-	1,7

Использование тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения предприятий экономически оправдывается при замещении тепловых нагрузок котельных и ТЭЦ с низкими начальными параметрами пара тепловыми насосами. В летний период использование тепловых насосов не экономично.

Список литературы:

1. Мацко И.И. Разработка методики расчета энергетической эффективности комбинированных теплонасосных станций в системах теплоснабжения // «Тепловые насосы». – 2011. – №3. – С. 52-57.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Изд. МЭИ. 2009, – 472 с.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ; ЧЕМ ХОРОША АВТОМАТИКА

Пушкин Сергей Витальевич
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск
E-mail: novikova.k01@mail.ru

Тремасова Елена Сергеевна
магистрант,
кафедра промышленной теплоэнергетики,
Смоленский филиал Московского энергетического института,
РФ, г. Смоленск

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF HEAT SUPPLY; WHAT IS GOOD AUTOMATION

Sergey Pushkin
Master student,
department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

Elena Tremasova
Master student,
department of industrial heat power engineering,
Smolensk branch of the Moscow Energy institute,
Russia, Smolensk

АННОТАЦИЯ

В статье исследованы аспекты применения автоматики в системах теплоснабжения. Использованы абстрактно-логический и монографический методы исследования. Выявлены преимущества автоматических систем регулирования режимов теплоснабжения.

ABSTRACT

The article examines aspects of the use of automation in heat supply systems. Abstract-logical and monographic research methods were used. The advantages of automatic systems for regulating heat supply modes are revealed.

Ключевые слова: система теплоснабжения, автоматика, регулирование, эффект.

Keywords: heat supply system, automation, regulation, effect.

Сегодня все более актуально встает вопрос повышения энергоэффективности теплоснабжения жилых домов в России. Исходя из климатических условий Российские системы теплоснабжения работают в достаточно резко-переменном режиме. Существуют различные способы повышения их энергоэффективности, которые обычно реализуются за счет повышения эффективности инженерных систем зданий и сооружений. Системы теплоснабжения – одно из возможных направлений модернизации общественных зданий. Одно из направлений повышения энергоэффективности использование в системах теплофикации тепловых насосов. Система теплового насоса вызывает большой интерес у специалистов, так как это экономия энергоресурсов и соответственно энергоэффективность, надежность и относительная простота технических решений. Рассмотрим некоторые вопросы, связанные с работой системы, областями применения и автоматизацией тепловых процессов [1].

Эффективным отоплением зданий можно управлять на основе управляемого использования топлива, например: газа, угля, жидкого топлива (мазут, легкий мазут) и электроэнергии. Возможно применение двух типов отопления зданий: централизованное децентрализованное. У обоих способов и теплоснабжения, помимо негативных моментов (более высокая цена на тепловую энергию), есть и плюсы: возможность гибкой регулировки температуры в помещении и возможность использования энергосберегающих технологий. Последний включает и технологию использования теплонасосных систем.

Установка теплового насоса и системы извлечения тепловой энергии из окружающей среды требует значительных инвестиций. Поэтому при рассмотрении возможности и целесообразности использования такой технологии обогрева важно ответить на два вопроса. Первый из них – экономически целесообразно использовать один из самых дорогих энергоносителей в России (электричество)

для обогрева зданий. Однако следует отметить, что возможны ситуации, когда альтернативы электричеству нет. Второй вопрос: как тепловой насос может составить экономическую конкуренцию тепловым агрегатам, работающим на других видах топлива. При эксплуатации зданий затраты на отопление составляют значительную часть эксплуатационных расходов. Общее удорожание потребляемых энергоресурсов и улучшение физических характеристик строительных материалов позволяют и необходимо снизить удельные затраты тепловой энергии на отопление.

Возможность применения автоматизации и контроля системы отопления зависит от типа здания, вида разводки системы отопления, способа подачи тепла (вид теплового графика) и характеристик оборудования. Многое определяет глубина автоматизации. Можно автоматизировать всю систему подачи энергии или ее отдельные элементы. Обеспечение постоянной температуры в помещении требует установки дополнительной контролирующей аппаратуры перед отопительными приборами (устанавливаются автоматические радиаторные термостаты), что не гарантирует качества отопления. Качество (равномерность, постоянство во всех зонах) может быть обеспечено большим количеством контролирующих датчиков. С их помощью устанавливается определенная температура в здании и программируется график изменения температуры на определенный период. Термостаты состоят из регулирующего клапана, который изменяет количество подаваемого теплоносителя по команде термоэлектрического привода или термостатического элемента, чувствительного к изменениям температуры в помещении.

К преимуществам автоматизированной системы управления отоплением можно отнести:

1) Энергосбережение. Благодаря автоматизированной системе управления отоплением существенно снижаются затраты на отопление (от 25 до 70% эксплуатационных расходов, следовательно, окупаемость 1-2 года);

2) Баланс, включающий в себя экономию и комфорт. Правильно сбалансированная система отопления обеспечивает правильную тепловую мощность во

всех помещениях, независимо от потребной нагрузки, обусловленной климатическими условиями.

3) Надежность, безопасность. Автоматика оснащена системой баланса и возможностью поддержания стабильности внутреннего состояния климата в помещении.

4) Удобство, наблюдение и контроль.

Есть один недостаток отопления СКУД – стоимость проекта на начальном этапе.

Технология тепло-насосного отопления более эффективна для систем централизованного теплоснабжения, поскольку тепловые насосы эффективно повышают качество энергоносителя у конечного потребителя, промышленного или жилого здания. Однако названная технология все еще не пользуется большой популярностью в России. На это есть несколько причин. Распространено заблуждение, что климатические условия в России не подходят для такого вида отопления. Однако проводимые в это области исследования показывают, что показатель градусо-день в средней полосе России сопоставим с этим значением для Северной Европы, где теплонасосные установки получили широкое применение [3]. Кроме того, в России много климатических зон с более мягким климатом, идеально подходящих для внедрения технологий НР, особенно если энергоэффективные технологии используются для утепления зданий. Следующая важная причина – это многочисленные технические ошибки при установке как агрегатов ТН, так и систем отопления. Поэтому особенно важно продвигать системы отопления с использованием возобновляемых источников энергии и создавать учебные центры для компаний, предоставляющих услуги по установке. Ведь должны появиться отечественные производители оборудования НР [4]. Государственная политика в области энергосбережения и возобновляемых источников энергии должна способствовать решению всех обсуждаемых проблем.

Спрос на тепловую энергию, поставляемую системами централизованного теплоснабжения, является ключевым вопросом, который определит их дальнейшее развитие в России. Технические и экономические возможности систем

централизованного теплоснабжения могут конкурировать с децентрализованными и индивидуальными источниками тепла и будут определять перспективы их развития. В российских системах централизованного теплоснабжения имеются большие технические возможности для снижения расхода топлива и энергии; Масштабная реализация этих возможностей на практике – первоочередная задача, которая не может быть достигнута без соответствующей законодательной и административной поддержки, включая стимулирование энергосбережения и привлечение передовых зарубежных технологий. Необходимо усовершенствовать систему статистического наблюдения за производством, распределением и потреблением тепловой энергии в стране.

Список литературы:

1. Некмасов А.С., Сиряк Ю.В., Воронина С.А., Семирашев В.В. Современное состояние теплоснабжения России //Проблемы прогнозирования. 2010. № 1. С. 31-43.
2. Семирашев В.В. Теплоснабжение в России: текущая ситуация и проблемы экономического развития //Эко. 2018. Т. 48. № 8. С. 25-47.
3. Стенриков В.А. Задачи российского снабжения и пути их решения // ЭКО. 2019. № 9. С. 498-69.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Электронный сборник статей по материалам CVI студенческой международной научно-практической конференции

№ 10 (105)
Октябрь 2021 г.

В авторской редакции

Издательство ООО «СибАК»
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 5.
E-mail: mail@sibac.info

16 +

СибАК

www.sibac.info