ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru

Выпуск №3

КЕМЕРОВО 2016

30 декабря 2016 г.

ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431

ISSN 2500-1140

УДК 378.001

Кемерово

Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.t-nauka.ru

За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.

Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала.

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей.

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении.

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета.

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими.

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент кандидат технических наук, Московский политехнический университет.

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail:admin@idpluton.ru

Содержание

1. АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМЫ УЧЕТА ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК…….……..…....4
Богданов С.Л., Елфимов Д.Б., Туманова У.С., Асанов М.Э.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШУНГИТА ПРИ СОЗДАНИИ РЕЗИНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛИЗОПРЕНОВОГО ОЛИГОМЕРА……8
Овсянникова Н.В.

3. КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ…….……..10
Шакуров Д.Р.

4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПЕРЕБОЙНОГО И КАЧЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СИСТЕМОЙ ГАРАНТИРОВАННОГО ПИТАНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ СГП-МС……...13
Пеганова В.В., Привалова Д.С., Могильников Ю.В.

5. СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ С ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ….....1
8
Дунаева А.А., Гриценко Ю.С., Сагдеев А.К.

6. МОБИЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ ВУЗОВ…….....24
Маркин Е.И., Рябова К.М.

7. ВЛИЯНИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА……27
Кныш Е.А., Шмат Е.В.

8. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ЗДАНИЯХ, ОБОРУДОВАННЫХ СИСТЕМАМИ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ……..…31
Кузнецова Ю.А., Малин Н.И.

9. КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ С АБС В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИ……..37
Ревин А.А., Ларин Е.С.

10. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ……..……..42
Проаспэт А.Г.

11. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ……..48
Пивикова М.С., Ряполов В.В., Тимофеева А.С.

12. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ……..……52
Ерзиков А.М., Такмовцев В.В., Филлипов А.А.

13. РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МИКРОКАНАЛЬНОГО ЖИДКОСТНОГО СМАЗЫВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАШИН…….……..62
Ерзиков А.М., Такмовцев В.В., Латыпов А.Р.

14. ВЫВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД.....……....71
Подопрыгоров С.Ю.

Богданов Сергей Леонидович
Sergey L. Bogdanov
Елфимов Даниил Борисович
Daniil B. Elfimov
Магистры кафедры биотехнических систем,
Санкт-Петербургского электротехнического университета
Туманова Ульяна Сергеевна
Ulyana S. Tumanova
Асанов Милан Эльвисович
Asanov E Milan
Бакалавры кафедры биотехнических систем,
Санкт-Петербургского электротехнического университета
E-mail: ser.bgd@mail.ru

УДК 519

АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМЫ УЧЕТА ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Аннотация.В данной статье произведено описание альтернативной системы для учёта физиологических нагрузок при диагностике сердечно-сосудистой системы человека.

Ключевые слова: Ключевые слова: физическая активность, физические нагрузки, ЭКГ, системы мониторинга здоровья и физических нагрузок.

Key words: physical activity, exercise, ECG, monitoring system health and physical activity.

Современная медицина выдвигает новые требования к сбору и анализу данных. Благодаря развитию информационных технологий, становится возможным создание качественно новых систем для автоматизированного сбора данных о физическом состоянии организма человека. В том числе, благодаря прогрессу в области носимой электроники.

Данные системы становятся необходимыми в условиях современной медицины, т. к. происходит перманентный рост «несерьезных» заболеваний, таких как вегето-сосудистая дистония, ожирение и многие другие, которые в дальнейшем могут привести к серьезным осложнениям сосудистой и других систем человека.

Для того, чтобы это предотвратить, необходима ранняя диагностика и аппаратно-программный мониторинг состояния человека. Специфичность проблемы ранней диагностики заболевания заключается в несознательном отношении пациента к своему здоровью: болезнь зачастую воспринимается как данность и неотвратимое событие, при этом отсутствует понимание того, что состояние здоровья требует столь же пристального внимания, как и другие сферы жизни человека. Между тем выявить заболевание еще до появления первых симптомов – значит подарить себе шанс на полное излечение без последствий для всего организма, предотвратить прогрессирование заболевания, переход его в хроническую стадию и уменьшить риск развития сопутствующих заболеваний, которые способны негативно повлиять и на работоспособность человека, и на его социальную активность, и на общее качество жизни. Кроме того, немаловажным преимуществом своевременной диагностики является тот факт, что своевременное лечение заболевания на ранних стадиях предполагает меньшие финансовые затраты. Данный аппаратный комплекс может применяться для диагностики сердечно сосудистой системы при физических нагрузках.

Аппаратное обеспечение — электронные и механические части устройства входящие в состав системы или сети, исключая программное обеспечение и данные (информацию, которую вычислительная система хранит и обрабатывает).

Аппаратная часть разрабатываемого комплекса базируется на двух частях составных частях:

1) Интегрированный блок формирования сигналов ЭКГ AD8232 Proto Board;

2) Микроконтроллер (МК) Arduino, для вывода ЭКГ сигнала на ПК.

Рисунок 1 – Структурная схема разрабатываемого комплекса

Электрокардиографический канал измерения в данной работе будет прототип платы AD8232 Heart Rate Monitor от Фронт Энд.

AD8232 представляет собой интегрированный блок формирования сигнала для ЭКГ. Он предназначен для извлечения, усиления и фильтра малых сигналов в присутствии шумных условиях, таких, как те, которые создаются при обнаружении движения или удаленного размещения электродов. Такая конструкция позволяет для сверхнизкой мощности аналого-цифрового преобразователя (АЦП) или встроенный микроконтроллер, чтобы приобрести выходной сигнал легко.

AD8232 может реализовать фильтр высоких частот двухполюсного для устранения артефактов движения и потенциал полуклетки электрода. Этот фильтр тесно связан с измерительной архитектурой усилителя, чтобы позволить обоим большим коэффициентам усиления и высоких частот фильтрации на одной стадии, тем самым экономя пространство и затраты. Операционный усилитель позволяет AD8232 создать трёх-полюсный фильтр нижних частот, чтобы удалить дополнительный шум.

Для того, чтобы улучшить подавление синфазного частот линий в системе и других нежелательных помех, AD8232 включает в себя усилитель для управляемых приложений свинца, таких как привод к правой ноге. AD8232 включает в себя функцию быстрого восстановления, что уменьшает длительность иначе долго отстойных хвостов фильтров верхних частот. AD8232 автоматически приспосабливается к более высокому срезу фильтра. Эта функция позволяет AD8232 восстанавливаться быстро, и, следовательно, принимать действительные измерения вскоре после присоединения электродов к объекту съемки. Разработанная плата будет передавать аналоговый сигнал ЭКГ с трех электродов на аппаратную платформу Arduino.

Для передачи на компьютер аналоговые сигналы необходимо оцифровать. Аппаратная платформа Arduino имеет в своем составе десяти битное АЦП для преобразования аналоговых сигналов в цифровые. В функции установки описывается установка связи, то есть 9600 бит данных в секунду будут передаваться, между Arduino и компьютером:

Далее, в основном цикле кода прописана переменная для вывода электрокардиограммы на экран:

С помощью среды разработки Arduino можно посмотреть, как выглядит сигнал. Для этого в меню надо зайти в Инструменты, затем, плоттер по последовательному соединению.

ЭКГ сигнал через плоттер последовательного соединения Arduino Uno представлен на рисунке.

Рисунок 2– ЭКГ сигнал через Arduino Uno.

Запись данных будет осуществляться через программу Termite. Termite является простым в использовании и простой в настройке терминала RS232. Он использует интерфейс, подобный тому из "мессенджера" или "чат". программы, с большим окном, которое содержит все полученные данные и строки редактирования для ввода строк для передачи. Основные утилиты являются простота установки (возможно, с предварительно сконфигурированных настроек) с помощью эвристического поиска соответствующего COM порта и, как уже упоминалось, его удобство в использовании.

Большинство настроек RS232 для устройства может быть выбран разработчиком (скорость передачи информации и количества данных и стоп-бит, как правило, определяется другим устройством). Один параметр, что разработчик не может предвидеть, однако, является то, что COM-порт пользователь будет прикрепить его к. По этой причине, термитов содержит функцию "порт подстановки" плюс простой протокол "сканирование портов".

Запись данных необходима для последующей разработки программного обеспечения для системы учета физических нагрузок.

Выводы:

В данной работе было выполнено следующее:

1) Разработана структурная схема для системы учеты физических нагрузок;

2) Выбран электрокардиографический канал измерения;

3) Рассмотрены МК Arduino Uno;

4) Разработаны программы в среде разработке Arduino;

5) Произведена запись сигнала в файл формата txt для его последующей обработки.

Библиографический список:

1. M. H. Crawford, "ACC/AHA Guidelines for ambulatory electrocardiography.," Journal of the American College of Cardiology, vol. 34, pp. 912-48, 1999.

2. Y. H. Nam, Z. Halm, Y. J. Chee, and K. S. Park, "Development of remote diagnosis system integrating digital telemetry for medicine," presented at Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1998.

3. Schiller, "ECG HOLTER Recorder MT-120. [http://www.schiller.ch/products]

4. Sachpazidis, A. Stassinakis, D. Memos, S. Fragou, S. Nachamoulis, A. Vamvatsikos, A. Stavropoulou, M. Fonseca, R. Magalhaes, B. Valente, A. D'Aquila, M. Fruscione, J. Ferreira, and C. Aguiar, "@HOME ein neues Eu-projekt zum Tele Home Care," Biomed Tech (Berl), vol. 47, pp. 970-2, 2002.

5. C. Moor, M. Schwaibold, H. Roth, J. Schochlin, and A. Bolz, "Entwicklung Drahtloser Sensoren auf basis von Bluetooth.," Biomed Tech (Berl), vol. 47, pp. 325-7, 2002.

6. J. Becker, D. Gebauer, L. Maier-Hein, M. Schwaibold, J. Schochlin, and A. Bolz, "The Wirelessmonitoring of Vital Parameters: A design study.," Biomed Tech (Berl), vol. 47, pp. 851-3, 2002.

Овсянникова Наталья Владимировна
Ovsyannikova Natalia Vladimirovna
Студент, Волгоградский государственный технический университет
E-mail: bnnfg@mail.ru

УДК 619

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШУНГИТА ПРИ СОЗДАНИИ РЕЗИНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛИЗОПРЕНОВОГО ОЛИГОМЕРА

CREATING RUBBER COMPOSITIONS BASED ON POLIDIVINIL ISOPRENE OLIGOMERS BY SHUNGITE INTERPOLATION

Аннотация: Настоящая статья посвящена исследованию влияния различных количеств минерального компонента шунгита на свойства полидивинилизопренового (ПДИ-1к) олигомера, применяемого для шпатлевок, клеев, герметиков, покрытий типа «Физпол». Были изучены физико -механические свойства полученных композиций. В результате проведенных исследований показано, что использование шунгита в качестве наполнителя композиционных материалов на основе ПДИ-1к приводит к улучшению физико-механических показателей: увеличение прочности в 2 раза, относительное удлинение и показатели твердости практически не изменились. Использование в качестве пластификатора нетоксола позволяет существенно повысить содержание шунгита в композиции и тем самым снизить стоимость материала, что является необходимым условием для эксплуатации резино -технических изделий.

The abstract: This article is devoted to the influence of different amounts of shungite on the properties of polydivinilizopren (PDI-1K) oligomer used for fillers and such as "Fizpol" coatings, kley, germetik. Physical - mechanical properties of the resulting compositions were studied. The result of the study shows that the influence of schungite on properties of the composite material based on PDI-1K leads to improving of physical and mechanical properties: significantly increases the strength of a factor twice, hardness figures have not changed much. The use of plasticizer netoksol improves shungit content in the composition and thereby reduce the cost of the material, which is a prerequisite for the operation of rubber products.

Ключевые слова: шунгит, мел, ПДИ-1к, относительное удлинение, прочность.
Key words : shungite, chalk, PDI - 1k , elongation, strength.

В качестве полимерного составляющего полиуретана использовался олигомер ПДИ-1к и с хлорпарафином марки ХП-470 и нетоксол.

Были изучены физико -механические свойства полученных композиций. Использование шунгита в качестве заменителя технического углерода, либо дополнительно к нему, в рецептурах РТИ на основе неполярных эластомеров позволило решить ряд актуальных задач как в области рецептуростроения, так и в экологии, экономике, а также в области совершенствования технологических процессов, применяемых для изготовления изделий [4,22; 2,38]. В результате проведенных исследований показано, что использование шунгита в качестве наполнителя композиционных материалов на основе ПДИ-1к приводит к улучшению физико-механических показателей: увеличение прочности в 2 раза, относительное удлинение и показатели твердости практически не изменились. Использование в качестве пластификатора нетоксола позволяет существенно повысить содержание шунгита в композиции и тем самым снизить стоимость

материала, что является необходимым условием для эксплуатации резино - технических изделий. Были определены показатели относительного удлинения, твердости и прочности.

В целом исследования и опытное опробование шунгитов в резиновых смесях выявило следующие эффекты:

1.Возможность замены шунгитом малоактивного и полуактивного углерода.

2.Шунгит наполненные резины обладают улучшенными динамическими свойствами – сопротивлением росту трещин при изгибе с проколом, пониженным теплообразованием при знакопеременном изгибе, динамической выносливостью при угловом вращении[4,257].

3.Наполнение резин шунгитом значительно увеличивает их термостойкость.

4.Применение шунгита позволяет создать высоконаполненные (400 масс. ч. шунгита на 100 масс. ч. каучука) РТИ с необычными свойствами –высокой твердостью и ударопрочностью[3,15].

5.Шунгит легко вводится в каучук в процессе смешивания, требует меньше энергозатрат.

6.Применение шунгита позволяет улучшить сантарно-гигиеническую обстановку на предприятии, т.к. шунгит меньше пылит.

7.Шунгит может применяться в резиновой промышленности для производства шин, резино-технических изделий (РТИ) и резиновой обуви[1,9].

8.Введение в хозяйственный оборот шунгита позволит сократить объем «грязных» технологий получения наполнителей для резин - белой сажи и техуглерода.

Таким образом, проведенные исследования показали, что влияние шунгита на свойства композиционного материала на основе ПДИ-1к приводит к повышению физико-механических показателей, что в конечном итоге мы можем рекомендовать использование шунгита в производстве для спортивных покрытий, что сделает более экономически выгодным производство.

Библиографический список:

1 Нурмухаметова, А. Н. Резины на основе этиленпропилендиенового каучука, наполненные минеральными наполнителями на основе шунгита : автореф. дис. … канд. тех. наук / А. Н. Нурмухаметова. – Казань, 2012. – 12 с.

2. Шевердяев, О. Н. Инженерные проблемы получения высокодисперсных порошков шунгита и "термина" / О. Н. Шевердяев, А. Е. Корнев, А. П. Бобров // Известия Академии Промышленной Экологии. - 2006. - N 3. - С. 68-69

3. Артамонова О.А. Изучение влияния шунгита на свойства резин на основе хлорбутилкаучука. / Тростин А.В., Сахарова Е.В., Потапов Е.Э., Бобров А.П., Трухляева И.В. // Каучук и резина. 2011. №4. С. 17

4. Потапов Е.Э., Валиа А., Бобров А.П. и др.// Тф. докл. П Всеросс. научно-технич. конф. «Каучук и резина —2010». - Москва, 2010 – 289 с.

Шакуров Динар Робертович
E-mail: shakurov.den1997@mail.ru
Терегулов Тагир Рафаэлович
кандидат технических наук, доцент. Кафедра электромеханики(ЭМ).Уфимский государственный авиационный технический университет**.**

УДК 621

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация: в статье анализируются способы и средства компенсации реактивной мощности

Ключевые слова: электроэнергия, мощность, нагрузка, сеть, компенсация

Реактивная мощность- часть полной мощности, затрачиваемая на электромагнитные процессы в нагрузке имеющей емкостную и индуктивную составляющие. Не выполняет полезной работы, вызывает дополнительный нагрев проводников и требует применения источника энергии повышенной мощности.

Реактивная мощность относится к техническим потерям в электросетях согласно Приказу Минпромэнерго РФ № 267 от 04.10.2005.

Компенсация реактивной мощности, в настоящее время, является немаловажным фактором позволяющим решить вопрос энергосбережения и снижения нагрузок на электросеть. По оценкам отечественных и ведущих зарубежных специалистов, доля энергоресурсов, и в частности электроэнергии занимает значительную величину в себестоимости продукции. Это достаточно веский аргумент, чтобы со всей серьезностью подойти к анализу и аудиту энергопотребления предприятия, выработке методики и поиску средств для компенсации реактивной мощности.

Индуктивной реактивной нагрузке, создаваемой электрическими потребителями, можно противодействовать с помощью ёмкостной нагрузки, подключая точно рассчитанный конденсатор. Это позволяет снизить реактивную мощность, потребляемую от сети и называется корректировкой коэффициента мощности или компенсацией реактивной мощности.

Преимущества использования конденсаторных установок, как средства для компенсации реактивной мощности:

- малые удельные потери активной мощности (собственные потери современных низковольтных косинусных конденсаторов не превышают 0,5 Вт на 1000 ВАр);
- отсутствие вращающихся частей;
- простой монтаж и эксплуатация (не нужно фундамента);
- относительно невысокие капиталовложения;
- возможность подбора любой необходимой мощности компенсации;
- возможность установки и подключения в любой точке электросети;
- отсутствие шума во время работы;
- небольшие эксплуатационные затраты.

В зависимости от подключения конденсаторной установки возможны следующие виды компенсации:

1. Индивидуальная или постоянная компенсация, при которой индуктивная реактивная мощность компенсируется непосредственно в месте её возникновения, что ведет к разгрузке подводящих проводов (для отдельных, работающих в продолжительном

режиме потребителей с постоянной или относительно большой мощностью - асинхронные двигатели, трансформаторы, сварочные аппараты, разрядные лампы и т.д.).

2. Групповая компенсация, в которой аналогично индивидуальной компенсации для нескольких одновременно работающих индуктивных потребителей подключается общий постоянный конденсатор (для находящихся вблизи друг от друга электродвигателей, групп разрядных ламп). Здесь также разгружается подводящая линия, но только до распределения на отдельных потребителей.

3. Централизованная компенсация, при которой определенное число конденсаторов подключается к главному или групповому распределительному шкафу. Такую компенсацию применяют, обычно, в больших электрических системах с переменной нагрузкой. Управление такой конденсаторной установкой выполняет электронный регулятор - контроллер, который постоянно анализирует потребление реактивной мощности от сети. Такие регуляторы включают или отключают конденсаторы, с помощью которых компенсируется мгновенная реактивная мощность общей нагрузки и, таким образом, уменьшается суммарная мощность, потребляемая от сети.

Установка компенсации реактивной мощности состоит из определенного числа конденсаторных ветвей, которые в своём построении и ступенях подбираются исходя из особенностей каждой конкретной электросети и её потребителей реактивной мощности.

Применение автоматических установок компенсации реактивной мощности позволяет решить ряд проблем:

1. снизить загрузку силовых трансформаторов (при снижении потребления реактивной мощности снижается потребление полной мощности);
2. обеспечить питание нагрузки по кабелю с меньшим сечением (не допуская перегрева изоляции);
3. за счет частичной токовой разгрузки силовых трансформаторов и питающих кабелей подключить дополнительную нагрузку;
4. позволяет избежать глубокой просадки напряжения на линиях электроснабжения удаленных потребителей (водозаборные скважины, карьерные экскаваторы с электроприводом, стройплощадки и т. д.);
5. максимально использовать мощность автономных дизель - генераторов (судовые электроустановки, электроснабжение геологических партий, стройплощадок, установок разведочного бурения и т. д.);
6. облегчить пуск и работу двигателя (при индивидуальной компенсации);
7. автоматически отслеживается изменение реактивной мощности нагрузки в компенсируемой сети и, в соответствии с заданным, корректируется значение коэффициента мощности - cosφ;
8. исключается генерация реактивной мощности в сеть;
9. исключается появление в сети перенапряжения, т. к. нет перекомпенсации, возможной при использовании нерегулируемых конденсаторных установок;

Установки компенсации изготавливаются из отдельных, расположенных в металлических шкафах, силовых компенсационных модулей, конструкция которых обеспечивает взаимозаменяемость идентичных элементов установки. Сборка и комплектация установок компенсации реактивной мощности производится на предприятии-изготовителе, а на месте их размещения - только монтаж и подключение к компенсируемой сети электроснабжения.

Установки компенсации реактивной мощности до100 кВАр, обычно, выпускаются в настенном исполнении.

Размещать установки компенсации лучше всего вблизи распределительного щита, т.к. в этом случае упрощается их присоединение к электросети. При соблюдении

требований ПУЭ комплектные установки компенсации реактивной мощности можно устанавливать непосредственно в производственных помещениях.

Итак, установки по компенсации реактивной мощности приносят ощутимые финансовые выгоды. Они также позволяют дольше сохранять оборудование в рабочем состоянии.

Вот несколько причин, по которым это происходит.

1. Уменьшение нагрузки на силовые трансформаторы, увеличение в связи с этим срока их службы.

2. Уменьшение нагрузки на провода и кабели, возможность использования кабелей меньшего сечения.

3. Улучшение качества электроэнергии у электроприемников.

4. Ликвидация возможности штрафов за снижение cos φ.

5. Уменьшение уровня высших гармоник в сети.

6. Снижение уровня потребления электроэнергии.

Библиографический список:

1. «Основы электроснабжения промышленных предприятий». Фёдоров А.А., Каменева В.В.

2. «Электрическая часть станций и подстанций» Васильев А.А, Крючков И.П., Наяшкова Е.Ф.

Пеганова Валентина Викторовна
Студент 5-го курса электротехнического факультета, специальность «Системы обеспечения движения поездов: автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте». Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», город Екатеринбург

Привалова Дарья Сергеевна
Студент 5-го курса электротехнического факультета, специальность «Системы обеспечения движения поездов: автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте». Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», город Екатеринбург

Могильников Юрий Валерьевич
Ассистент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь
на ж.д. транспорте»
«Уральский государственный университет путей сообщения», город Екатеринбург

Peganova Valentina V.
Student of the 5th course of electrotechnical faculty, specialty "systems to ensure trains: automatics, telemechanics and communication on railway transport". Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "The Ural State University of Railway Transport", Ekaterinburg

Privalov Daria S.
Student of the 5th course of electrotechnical faculty, specialty "systems to ensure trains: automatics, telemechanics and communication on railway transport". Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "The Ural State University of Railway Transport", Ekaterinburg

Mogilnikov Yuri V.
Assistant at the Chair of "Automation, telemechanics and communication
on railway transport»
"The Ural State University of Railway Transport", Ekaterinburg
E-mail: yuram1987@list.ru

УДК 621

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПЕРЕБОЙНОГО И КАЧЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СИСТЕМОЙ ГАРАНТИРОВАННОГО ПИТАНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ СГП-МС

ENSURE UNINTERRUPTED AND QUALITY POWER SUPPLY UNINTERRUPTIBLE POWER SYSTEMS MICROELECTRONIC SYSTEMS SGP-MS

Аннотация: Настоящая статья посвящена ознакомлению с системой гарантированного питания микроэлектронных систем СГП-МС, разработанной НПЦ «Промэлектроника». По итогам проделанной работы можно сказать о том, что данная система имеет ряд преимуществ, по сравнению с рядом аналогичных систем.

Abstract: This article is dedicated to the dissemination of the guaranteed power supply system of Microelectronic Systems CST-MS, developed by SPC "Promelectronica". As a result of this work can be said that this system has a number of advantages in comparison with a number of similar systems.

Ключевые слова: система гарантированного питания микроэлектронных систем; микропроцессорная централизация, устройства электропитания; режимы электропитания.

Keywords: uninterruptible power supply system of microelectronic systems; microprocessor centralization, power supply unit; power modes.

Современный этап развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте характеризуется использованием для их построения микроэлектронной и микропроцессорной техники. По сравнению с релейной данная элементная база позволяет существенно расширить функциональные возможности систем.

Устройства электропитания микроэлектронных систем должны обеспечивать электропитания аппаратуры от электрических сетей по I категории надежности [1,396]. Необходимо обеспечить устойчивость к перепадам и перерывам напряжения. Требованиям надежности и безопасности отвечает разработанная НПЦ «Промэлектроника» система гарантированного питания микроэлектронных систем.

Целью данной работы является ознакомление с данной системой и выявление ее достоинств и недостатков.

Система гарантированного питания - это комплекс электрооборудования, обеспечивающий бесперебойную подачу электроэнергии в случае неполадок в электросети.

Структурная схема СГП-МС представлена на рис.1.

Система гарантированного питания включает в себя следующие элементы:

- шкаф вводно-распределительный (ШВР). Предназначен для ввода, распределения и формирования напряжений питающих устройств;
- устройство бесперебойного питания (УБП). Предназначено для обеспечения нагрузки стабилизированным питанием во всем диапазоне номинальных нагрузок и при любом состоянии питания на входе.;
- аккумуляторная батарея (АБ);
- изолирующие трансформаторы силовые трехфазные (ИТС1, ИТС2);
- шкаф трансформаторный (ШТ). Предназначен для размещения разделительных трансформаторов;
- щит автоматического включения резерва (ЩАВР). Предназначен для подачи трехфазного напряжения переменного тока от ДГА на шины гарантированного питания при пропадании напряжения первого и второго фидера. При отсутствии ДГА ЩАВР не устанавливается.;
- щит выключения и защиты питания (ЩВЗП на схеме условно не показан). Для ввода кабелей внешних фидеров электропитания в помещении постов ЭЦ отдельно для каждого фидера [2,164].

Система гарантированного питания предусматривает решение задач гарантированного электропитания напольных и постовых устройств микропроцессорной централизации средствами современной электронной техники с резервированием электропитания по всем видам нагрузок при пропадании напряжения в обоих фидерах, подключенных к СГП-МС

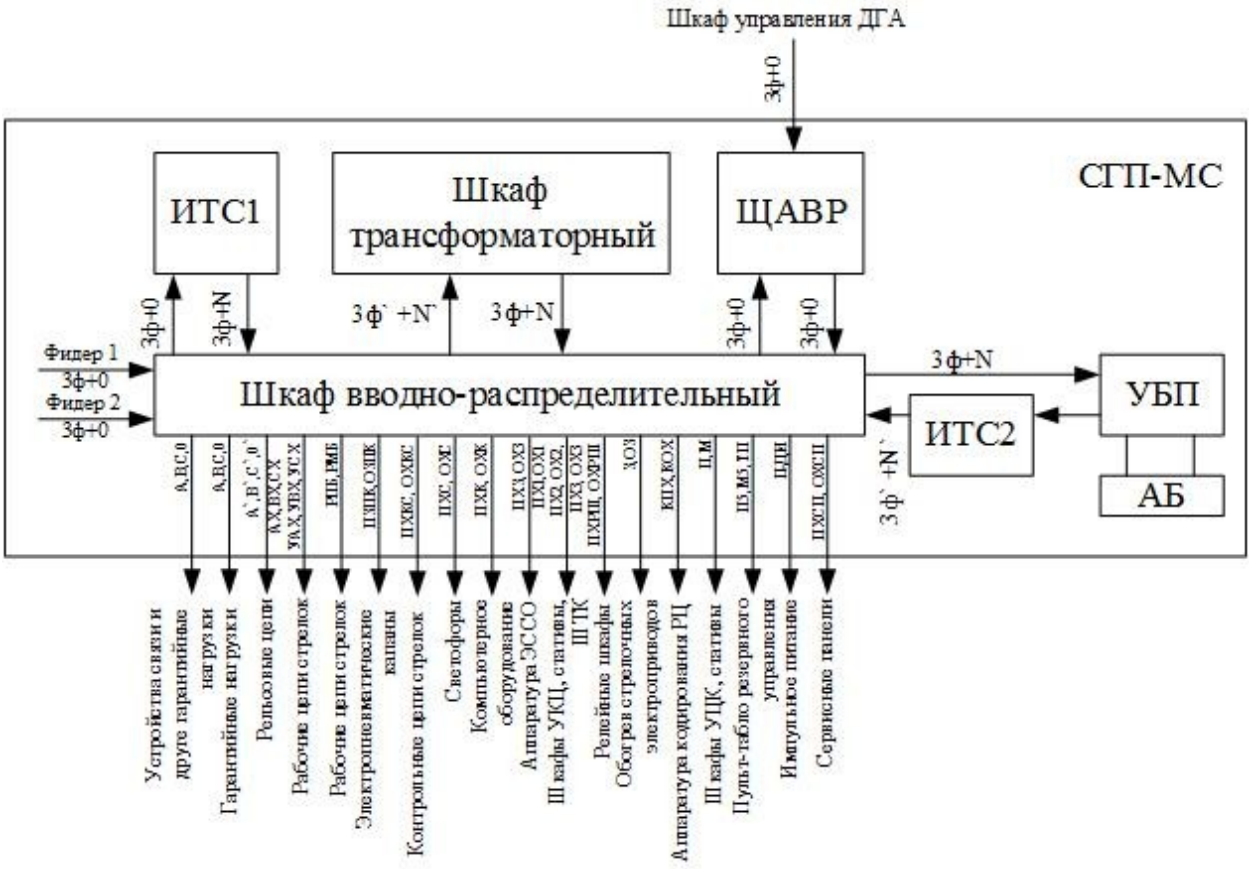


Рис.1.Структрная схема СГП-МС

<u>Система гарантированного питания выполняет следующие функции:</u>

- подключение двух фидеров трехфазного переменного тока, а также дизель-генераторного агрегата (ДГА) в качестве резервного источника электроснабжения;
- автоматическое переключение нагрузки с одного фидера на другой при выключении или при снижении напряжения в работающем фидере до нормируемого значения 198 В, превышении напряжения в работающем фидере выше нормированного напряжения 242 В, нарушении чередования фаз;
- резервирование электропитания посредством УБП при выключении напряжения в обоих фидерах, в случае, когда не применяется ДГА;
- обеспечение двух режимов включения фидеров с возможностью настройки: режим преобладания первого фидера и режим равноценных фидеров;
- ручное переключение с одного фидера на другой, отключение фидеров для ремонта;
- защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений;
- оптическая сигнализация о работе фидера и о выключении напряжения в фидерах;
- оптическая сигнализация о заземлении основных цепей питания и срабатывании автоматических выключателей, установленных в СГП-МС;
- контроль одновременного выключения фидеров;
- формирование постоянных напряжений 24 В и 5 В;
- формирование импульсного питания;
- переключение режимов питания светофоров: дневной, ночной, двойного снижения напряжения;
- стандартное время бесперебойного электропитания всех видов нагрузок СЦБ – 2 часа [2].

Широкая линейка типов СГП-МС позволяет выбрать оптимальный вариант системы гарантированного питания, соответствующий необходимому уровню мощности и времени резервирования. Обозначение типов систем представлено на рис.2.

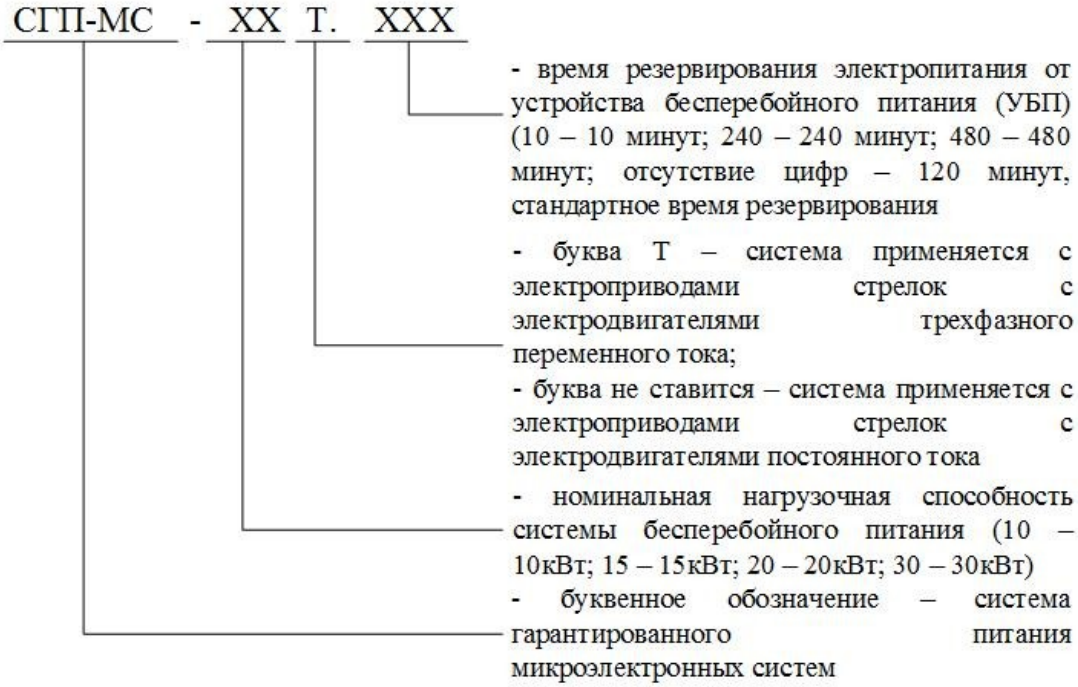


Рис.2.Обозначение типов СГП-МС

Система гарантированного питания размещается в релейных помещениях. ЩВЗП могут размещаться в коридоре или отдельном помещении поста ЭЦ. Аккумуляторная батарея применяется необслуживаемая и герметичная, поэтому допускается размещать ее вместе с другими составными частями системы в релейном помещении. Особых требований к помещениям для размещения аппаратуры СГП-МС не предъявляется.

СГП-МС может работать в двух режимах:

• нормальный, когда питание нагрузки осуществляется от одного из фидеров через УБП;

• аварийный, когда питание нагрузки при пропадании обоих фидеров осуществляется либо от ДГА через УБП, либо при отсутствии ДГА непосредственно от УБП.

К особым преимуществам СГП-МС по сравнению с аналогами можно отнести: сокращение аппаратуры для питания устройств СЦБ под нужды МПЦ-И (элементы питания размещаются на стативах свободного монтажа), продолжительное время резервирования электропитания всех устройств СЦБ на станции (до 8 часов), удобство и простоту технического обслуживания.

По итогам оценки экономической эффективности применения системы СГП-МС можно отметить:

- общее снижение эксплуатационных затрат на содержание устройств СЦБ за счет повышения их надежности и применения средств диагностирования технического состояния;
- обеспечение стабильного и непрерывного питания, которое позволяет автономно работать станции до 8 часов;
- возможность выбора технологически и экономически оправданного типа системы, соответствующего параметрам объекта;
- сокращение нормативного времени на поиск и устранение повреждений благодаря автоматическому ведению архива УБП [3].

Библиографический список:

1. Вл. В. Сапожников «Микропроцессорные системы централизации». Москва, 2006г.
2. Система гарантированного питания микроэлектронных систем. Руководство по эксплуатации. ЭРИО.565336.001РЭ. НПЦ «Промэлектроника»
3. Система гарантированного питания микроэлектронных систем. Экономическая эффективность применения системы [Электроный ресурс]/ Режим доступа: https://www.npcprom.ru/ru/produkciya/sgp-ms

Дунаева Анастасия Алексеевна
Dunaeva Anastasia Alekseevna
студент
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, факультет ИВО, группа ИКТВ-31. E-mail: anastasiydunaeva@yandex.ru

Гриценко Юлия Сергеевна
Gricenko Yulia Sergeevna
студент
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, факультет ИВО, группа ИКТВ-31. E-mail: anastasiydunaeva@yandex.ru

Сагдеев Александр Константинович
Sagdeev Alexander Konstantinovich
Старший преподаватель цикла многоканальных телекоммуникационных систем, средств и комплексов, к.т.н., капитан
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

УДК 621

СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ С ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Современные системы связи широко используют методы цифровой модуляции. Не исключение и отрасль космической связи. Системы связи с космическими аппаратами используют цифровые методы формирования и модуляции сигналов, за счёт их высокой помехоустойчивости, возможности организации высокого уплотнения. Высокие скорости передачи данных, позволяющие передавать большие объёмы информации, за кротчайшие сроки, а регулируемые параметры, позволяют нам, добиваться необходимых энергетических характеристик в спектральных и временных областях представления используемых сигналов.

При передаче информации между наземными станциями и космическими аппаратами используются полосовые радиосигналы. Для этого введём некоторые понятия, для строгости рассуждения и чёткости понимания происходящих процессов. Модулирующим сигналом $S_m(t)$ называется низкочастотный информационный сигнал (речь, изображение, цифровая информация и т.д.), который требуется передать на частоте $\omega_0 >> \omega_в$, где $\omega_в$ – верхняя частота спектра модулирующего сигнала. Полосовыми сигналами назовём те сигналы, спектры П которых сосредоточены в районе несущей частоты ω_0. На рисунке 1 наглядно приведены спектры вещественно модулирующего и полосового сигналов.

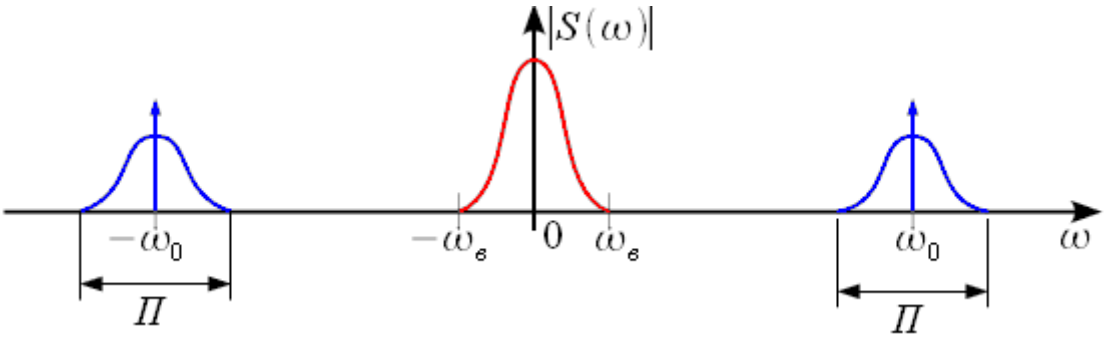


Рисунок 1 – Спектр модулирующего и полосового сигналов

Так как сигналы вещественные, то их спектры симметричны относительно нулевой частоты. Перенос модулирующего сигнала $S_m(t)$ на несущую частоту ω_0 называется модуляцией.

Рассмотрим возможные способы модуляции, для этого рассмотрим несущее колебание $S_{нес}(t)$:

$$S_{нес}(t)=a\cdot\cos(\omega_0\cdot t+\varphi), \quad (1)$$

где a – амплитуда несущего колебания, ϕ- начальная фаза. Также можно ввести понятие полной фазы несущего колебания:

$$\Phi(t)=\omega_0\cdot t+\varphi, \quad (2)$$

а также мгновенной частоты сигнала, как производную от полной фазы:

$$\omega(t)=\frac{d}{dt}\Phi(t), \quad (3)$$

Мгновенная частота несущего сигнала — постоянная величина равная ω_0. Таким образом при модуляции мы можем управлять всего двумя параметрами несущего колебания: амплитудой и полной фазой. При управлении только амплитудой получим амплитудную модуляцию и все ее производные, при управлении полной фазой получим угловую модуляцию (фазовая и частотная). При управлении и амплитудой и полной фазой можно получить все известные виды модуляции. Теперь можно рассмотреть общую запись полосового сигнала:

$$s(t)=a(t)\cdot\cos(\Phi(t))=a(t)\cdot\cos(\omega_0\cdot t+\varphi(t)), \quad (4)$$

где a(t) — закон изменения амплитуды несущего колебания, а ϕ(t) — изменение фазы несущего колебания в соответствии с модулирующим сигналом.

Введем понятие комплексной огибающей и векторного представления сигнала. Для этого рассмотрим комплексный сигнал:

$$z(t)=a(t)\cdot\cos(\omega_0\cdot t+\varphi(t))+j\cdot a(t)\cdot\sin(\omega_0\cdot t+\varphi(t)). \quad (5)$$

Из выражения (5) можно заметить, что $R[z(t)]=s(t)$, то есть реальная часть комплексного сигнала совпадает с полосовым радиосигналом. По формуле Эйлера можно представить:

$$z(t)=a(t)\cdot\exp\left(j\left(\omega_0 t+\varphi(t)\right)\right)=a(t)\cdot\exp\left(j\varphi(t)\right)\cdot\exp\left(j\omega_0 t\right), \quad (6)$$

Таким образом:

$$z(t)=z_m(t)\cdot\exp\left(j\cdot\omega_0\cdot t\right), \quad (7)$$

Выделенный сигнал $z(t)=z_m(t)\cdot\exp\left(j\cdot\omega_0\cdot t\right)$ носит название комплексной огибающей сигнала z(t). Рассмотрим свойства этого сигнала. Сигнал $z_m(t)$ является комплексным, с изменяющимися во времени амплитудой и фазой, причем изменение амплитуды сигнала $z_m(t)$ полностью совпадает с изменением амплитуды радиосигнала s(t), а изменение фазы полностью совпадает с изменением фазы радиосигнала s(t). Однако отсутствие множителя $\exp\left(j\cdot\omega_0\cdot t\right)$ говорит о том что сигнал $z_m(t)$ представляет собой «перенесенный на нулевую частоту комплексный сигнал z(t)». Комплексная огибающая сигнала существенно упрощает анализ.

Любое комплексное число можно представить в виде точки на комплексной плоскости или вектора выходящего из 0 до этой точки, а комплексный сигнал можно трактовать как комплексную функцию времени, т.е. вектор который описывает на комплексной плоскости некоторую траекторию в течении времени, как это показано на рисунке 2.

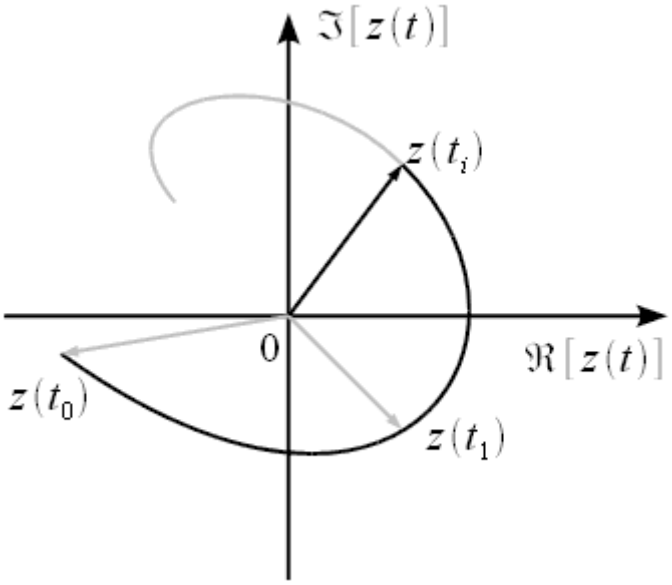


Рисунок 2 – Векторное представление комплексного сигнала

Тогда комплексную экспоненту $\exp\left(j\cdot\omega_0\cdot t\right)$ на комплексной плоскости можно представить вектором единичной амплитуды поворачивающегося за одну секунду на угол ω_0, совершая при этом получаем $f_0=\omega_0/(2\cdot\pi)$ оборотов в секунду. Таким образом при изучении движения $\exp\left(j\cdot\omega_0\cdot t\right)$ наблюдается окружность единичного радиуса которую

вычерчивает вектор с частотой f_0. Единичная окружность будет искажаться сигналом $z_m(t)=a(t)\cdot\exp\left(j\cdot\varphi(t)\right)$, а именно в течении времени вектор $z(t)$, будет менять амплитуду в соответствии с $a(t)$ и скорость вращения в соответствии с $\varphi(t)$. Так вот комплексная амплитуда позволяет нам остановить вращение вектора с частотой f_0 и посмотреть как меняется его амплитуда и фаза во время вращения. Таким образом, мы можем детально изучить траекторию вектора комплексной огибающей.

Теперь вернемся к рассмотрению комплексной огибающей, $z_m(t)$ можно представить в виде реальной и мнимой частей:

$$z_m(t)=a(t)\cdot\exp\left(j\cdot\varphi(t)\right)=a(t)\cdot\cos\left(\varphi(t)\right)+j\cdot a(t)\cdot\sin\left(\varphi(t)\right), \quad (8)$$

где $I(t)=a(t)\cdot\cos\left(\varphi(t)\right)$ – синфазная составляющая комплексной огибающей (или координата по оси абсцисс), а $Q(t)=a(t)\cdot\sin\left(\varphi(t)\right)$ – составляющая (или координата по оси ординат, как это показано на рисунке 3).

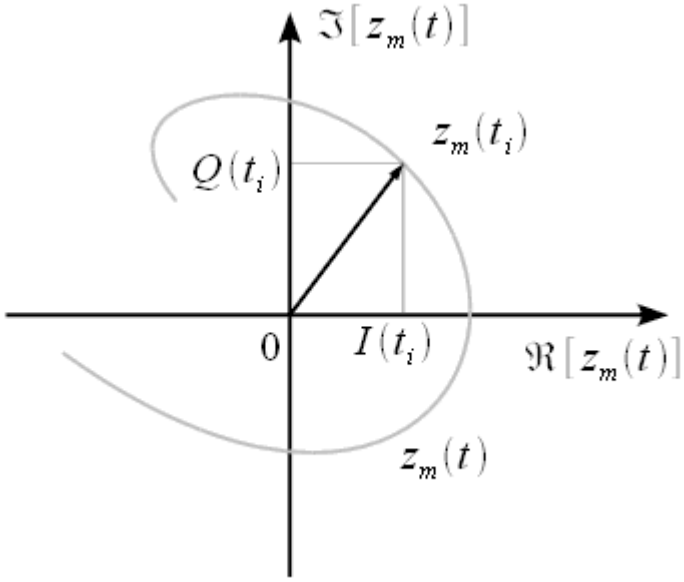


Рисунок 3 – Векторное представление комплексной огибающей

Вернемся к выражению комплексного сигнала (7), подставив в него выражение для комплексной огибающей (8):

$$z(t)=\left(I(t)+j\cdot Q(t)\right)\cdot\exp\left(j\cdot\omega_0\cdot t\right)=¿$$

$$¿\left(I(t)+j\cdot Q(t)\right)\cdot\left(\cos\left(\omega_0\cdot t\right)+j\cdot\sin\left(\omega_0\cdot t\right)\right)=¿$$

$$¿\,I(t)\cdot\cos\left(\omega_0\cdot t\right)-Q(t)\cdot\sin\left(\omega_0\cdot t\right)+j\cdot¿\ , \quad (9)$$

Тогда из выражения (9) полосовой сигнал:

$$s(t)=R[z(t)]=I(t)\cdot\cos(\omega¿¿0\cdot t)-Q(t)\cdot\sin(\omega_0\cdot t)¿ \qquad (10)$$

Таким образом, если имеется модулирующий сигнал, из которого сформированы синфазная и квадратурная компоненты комплексной огибающей сигнала, то можно перенести ее на любую частоту при помощи схемы универсального квадратурного преобразователя, представленной на рисунке 4.

Если заметить, что $\cos(\omega¿¿0\cdot t+\pi/2)=-\sin(\omega¿¿0\cdot t)¿¿$, то схему универсального квадратурного модулятора можно представить как показано на рисунке 3.1.5.

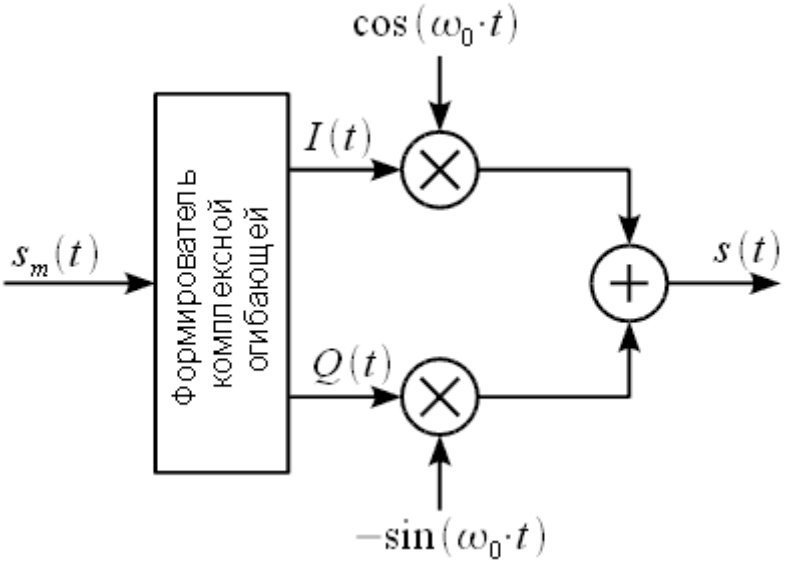


Рисунок 4 – Универсальный квадратурный модулятор

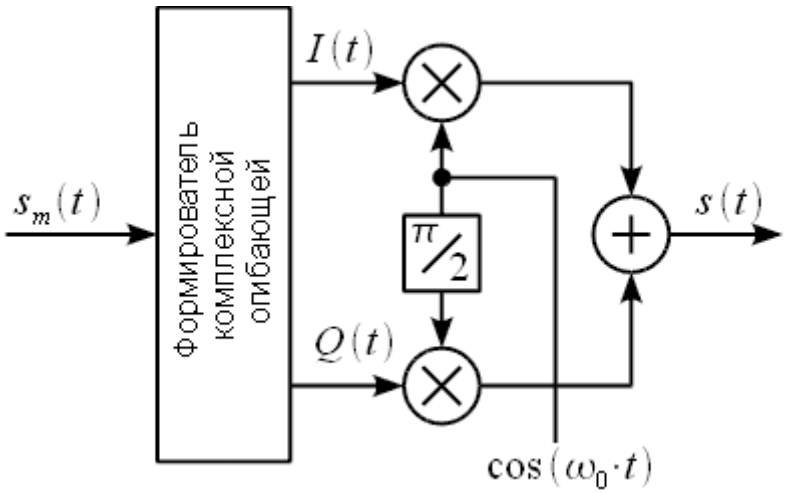


Рисунок 5 – Универсальный квадратурный модулятор с фазовращателем

Поскольку исходный модулирующий сигнал является низкочастотным, то формирование комплексной огибающей можно производить в цифровом виде. Способ формирования комплексной огибающей в зависимости от модулирующего сигнала

определяет вид модуляции. Схема, представленная на рисунке, подходит для всех цифровых видов модуляций [2].

Таким образом можно сделать вывод. Введены понятия полосового сигнала и комплексной огибающей радиосигнала, а также введено понятие векторного представления комплексной огибающей. Показано, что комплексная огибающая может быть представлена синфазной и квадратурной составляющими и модуляцию можно осуществить квадратурным модулятором. Для того чтобы задать способ модуляции необходимо выбрать способ формирования комплексной огибающей сигнала путем изменения амплитуды и фазы.

Библиографический список:

1. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко – СПБ.: Питер, 2002 – 608 с.: ил.
2. Потемкин В.Г. MatLab 5 для студентов студентовСправ. пособие. - М.: АО "Диалог-МИФИ", 1998. -314 с. ил.
3. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
4. Цифровая связь. Пер. с англ./ Под ред. Д.Д. Кловского – М.: Радио и связь. 2000. – 800 с.: ил.

Маркин Евгений Игоревич
Markin Evgeniy Igorevich
Студент 4-го курса. Пензенский Государственный Технологический Университет
E-mail: evgeniymarkin1@gmail.com

Рябова Ксения Михайловна
Ryabova Kseniya Mihalovna
Студентка 3-го курса. Пензенский Государственный Технологический Университет
E-mail: riabova.ksenija@yandex.ru

УДК 004.42

МОБИЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ ВУЗОВ

MOBILE DEVELOPMENT FOR UNIVERSITY ENTRANTS

Многие школьники выпускаясь из учебных заведений сталкиваются с проблемой отсутствия достаточного количества информации необходимого для поступления в конкретный университет. Последствием такой проблемы выступает времязатратный критерий, который вынуждает абитуриентов посещать вузы с целью выяснения необходимого набора документов.

В Пензенском Государственном Технологическом Университете было разработано мобильное приложение “Абитуриент”, которое позволило решить проблему, представленную выше. Данное приложение является актуальным для всех желающих поступить в вузы, узнать интересующую информацию о направлениях подготовки, проводимых мероприятиях не только в рамках ПензГТУ, но и любого другого университета. Такое приложение популярно не только в сезон подачи документов, но и на протяжении всего года, т.к. позволяет отследить всю самую интересную и актуальную информацию о вузах.

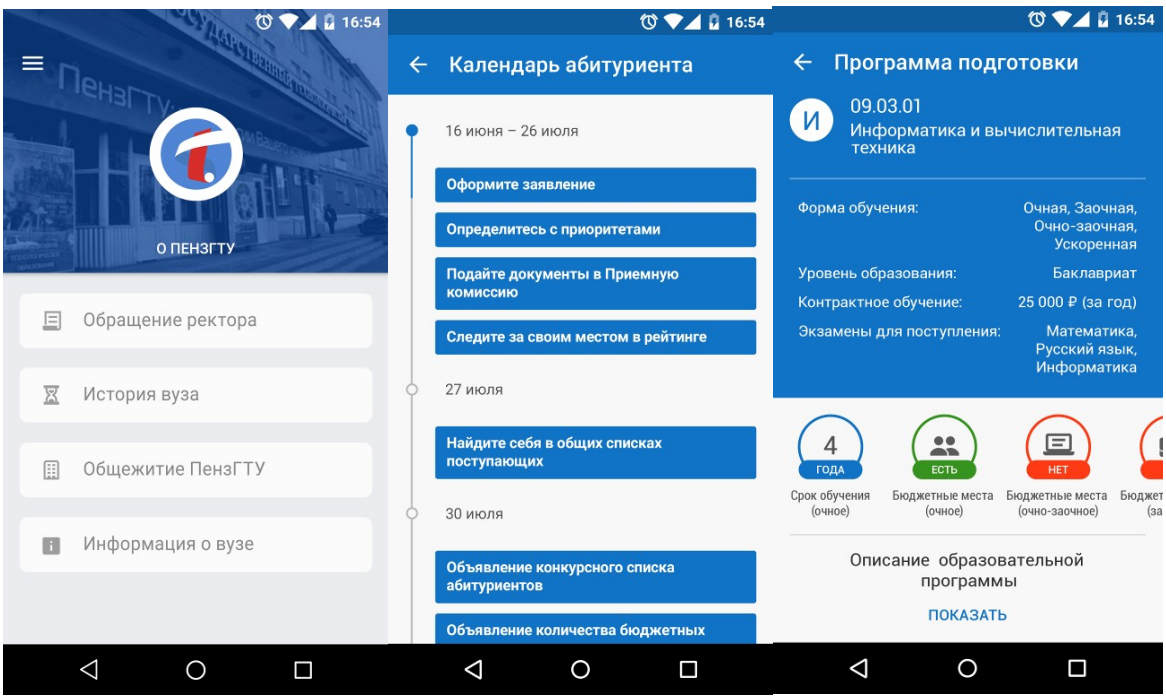


Рисунок 1 - Интерфейс приложения “Абитуриент”

Основой приложения “Абитуриент” является технология реактивного программирования. Данная технология базируется на работе с быстрыми потоками данных, что выражается в базовой концепции реактивного программирования.

Информация одного типа данных, распространяющаяся во времени представляет собой поток данных. Такие потоки могут включать ошибки и индикатор завершения потока данных(рис. 2)

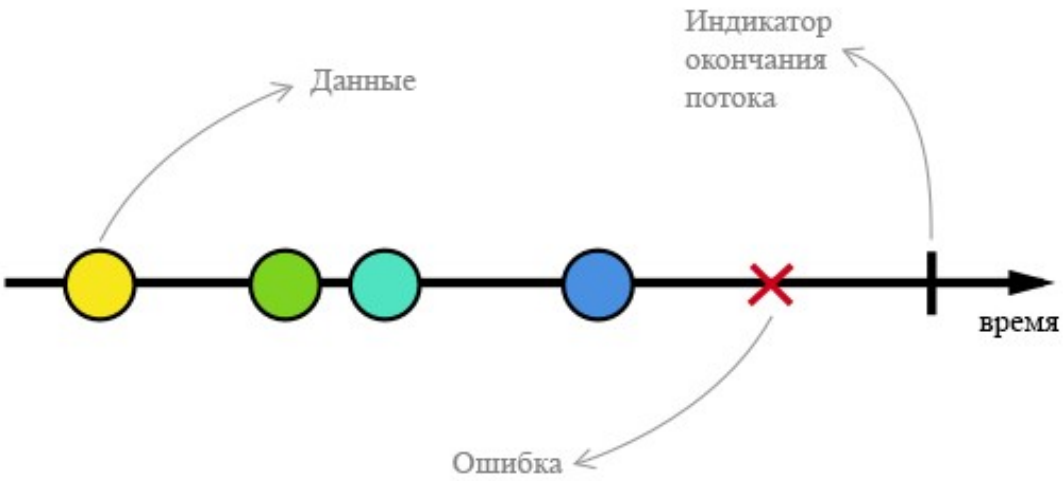


Рисунок 2 - Схема представления потока данных

Сообщения из WebSocket API, UI компоненты, а также различные действия пользователя являются примером потока данных.

Применение потоков данных в работе приложения имеет множество достоинств. Так например, при использовании потоков происходит изолированность состояний, а именно: непосредственно в самом observable данные распространяются во времени, что говорит о их сохранении в прошлом, текущем или будущем состоянии. Выделяют такое достоинство потоков данных, как неизменчивость observable; в случае, когда происходит изменение

observable, создается observable с новыми параметрами. Строгая типизация, также является одним из преимуществ потока данных.

В концепции реактивного программирования выделяют 4 основных принципа, которые лежат в основе реактивного манифеста(рис.3). Основные принципы заключаются в выполнении следующих критериев: событийная ориентированность, возможность масштабирования, отзывчивость, а также отказоустойчивость.

Рисунок 3 - Принципы реактивного подхода

Стоит отметить основные преимущества использования концепции реактивного программирования. Во-первых, изолированные состояния во времени. Во-вторых, существует возможность легкой и работы с многопоточностью. В-третьих, observable легко комбинируются. Также среди достоинств реактивного программирования выделяют: доступность понимания кода, а также устойчивость к ошибкам.

Зачастую для реализации концепции реактивного программирования применяется библиотека RxJava, которая базируется на технологии ReactiveX(Rx) с открытым исходным кодом.

Мобильная разработка “Абитуриент” содержит в себе непрерывную работу с сетью, что позволяет предоставлять пользователю только актуальную информацию. Поэтому, возникает проблема подключения к сети, а также получением данных от сервера. Такая проблема может привести к потери целостности данных. В рамках императивной концепции программирования такие проблемы обрабатываются исключительно вручную, а следовательно вынуждает оператора дублировать код. Реактивный метод программирования позволит избежать дублирования кода за счет того, что все ошибки концентрируются в одном месте, лишая оператора необходимости поиска вручную.

Простым примером реактивной концепции программирования является мобильное приложения “Абитуриент”. При использовании данной концепции, мобильное приложение имеет устойчивость к наиболее популярным непредвиденным ошибкам, имея возможность улучшения и расширения, без лишнего изменения кода.

ReactiveX - кросс платформенная технология, представленная на более 10 различных языках программирования. Такая технология может использоваться в фронтенде, с динамическим обновлением данных и работой с пользователем, а также в бэкенде, которые работает с асинхронными потоками. Использование технологии ReactiveX необходимо за счет того, что исключаются возможные ошибки из-за изменения данных в незапланированных частях в высоко-нагруженных системах.

Мобильное приложение “Абитуриент” было создано при помощи технологии реактивного программирования. Применение такого подхода позволит избежать возможные ошибки, а также даст возможность работать в режиме онлайн и оффлайн, предоставляя интересующую информацию пользователю/

Библиографический список:

1) Introduction to Rx / Lee Campbell. - 2012.-354с.

2) Статья Cisco “Цифровое производственное предприятие в Европе”: журнал [Электронный ресурс] . -Режим доступа: http://www.cisco.com/c/dam/m/ru_ru/internet-of-everything-ioe/iac/assets/pdfs/Cisco_Europe_Digital_Manufacturer_ru.pdf свободный. – Загл. с экрана.

3) Официальный сайт ReactiveX: портал [Электронный ресурс] . -Режим доступа: http://reactivex.io/ свободный. – Загл. с экрана.

4) Манифест реактивного программирования: портал [Электронный ресурс] . -Режим доступа: http://www.reactivemanifesto.org/ свободный. – Загл. с экрана.

Кныш Евгения Анатольевна
Knysh Evgenia Anatolevna
студентка 3 курса факультета ветеринарной медицины Омского ГАУ.
E-mail: knysh.zhenia@yandex.ru

Шмат Елена Викторовна
Shmat Elena Viktorovna
научный руководитель, канд. техн. наук, доцент Омского ГАУ

УДК 637

ВЛИЯНИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

THE INFLUENCE OF DAIRY PRODUCTS ON THE HUMAN BODY

Аннотация: кисломолочные продукты являются неотъемлемой частью рациона современного человека. Кефир, простокваша, сметана, творог и другие кисломолочные продукты потребляются человеком постоянно. В особенности они полезны для людей с непереносимостью лактозы, или молочного сахара, которые не могут употреблять в пищу обычное молоко. Также кисломолочные продукты обладают высокими вкусовыми качествами, высокой питательностью и биологической ценностью, лечебными и профилактическими свойствами. В целом кисломолочные продукты благотворно влияют почти на все системы организма, в особенности на пищеварительную систему.

Abstract: dairy products are an integral part of the diet of modern man. Kefir, yogurt, sour cream, cheese and other dairy products are consumed by man constantly. They are particularly

useful for people with lactose intolerance or milk sugar that can't eat regular milk. Also dairy products have high taste, high nutritional and biological value, therapeutic and prophylactic properties. In General, dairy products are beneficial for almost all body systems, especially the digestive system.

Ключевые слова: кисломолочные продукты, молочнокислые бактерии, брожение, молоко, высокая питательность и биологическая ценность, лечебные и профилактические свойства.

Key words: dairy products, lactic acid bacteria, fermentation, milk, high nutritional and biological value, therapeutic and prophylactic properties.

Кисломолочными продуктами называют группу молочных продуктов, вырабатываемых из цельного коровьего, кобыльего молока, молока овец, коз и других животных или его производных (сливок, обезжиренного молока и сыворотки) путём ферментации.

Главная технологическая особенность при приготовлении кисломолочных продуктов – это сквашивание путём введения культур молочнокислых бактерий или дрожжей (закваски) в молочные продукты или их производные. В большинстве случаев перед производством кисломолочных продуктов молоко предварительно пастеризуют или кипятят, чтобы исключить развитие находящейся в нём патогенной микрофлоры.

Кисломолочные продукты принято делить на:

1. продукты молочнокислого брожения (творог, сметана, простокваша, ряженка, ацидофилин, йогурт);
2. продукты смешанного брожения, то есть молочнокислого и спиртового (кефир, ацидофильно-дрожжевое молоко, кумыс, курунга, шубат).

В первых бактерии расщепляют лактозу с образованием молочной кислоты, под действием которой казеин молока коагулирует, в результате чего усвояемость кисломолочных продуктов выше, чем молока.

В продуктах смешанного брожения наряду с молочной кислотой из лактозы образуются спирт, углекислый газ, летучие кислоты, также повышающие усвояемость продукта. По содержанию белков и жира кисломолочные продукты почти не отличаются от цельного молока.

Также часто кисломолочные продукты обогащаются различными пробиотическими культурами. Самый известный пример – это бифидок, который отличается от кефира добавлением бифидобактерий [1].

Цель статьи – выяснить, какими полезными свойствами обладают кисломолочные продукты и чем именно они полезны для организма человека, а также имеются ли у них противопоказания.

Кисломолочные продукты обладают высокими вкусовыми качествами, также уникальными питательными, лечебными и профилактическими свойствами. Разберём их подробнее.

Основа всех молочных продуктов – это молочный сахар, или лактоза. Однако в организме человека почти не вырабатывается специальный фермент – лактаза, необходимый для расщепления лактозы до более простых соединений. Из-за этого молочные продукты плохо перевариваются и усваиваются человеческим организмом, вызывая дискомфорт в желудочно-кишечном тракте. Кисломолочные продукты, в свою очередь, имеют уже частично расщеплённую лактозу, что делает данные продукты более безопасными и лёгкими для человека. Употребление таких продуктов не будет вызывать неприятных ощущений, также они обладают более высокой усвояемостью, по сравнению с молочными продуктами [2].

Кисломолочные продукты являются чрезвычайно ценным источником питательных веществ с высокой питательной и биологической ценностью. Также как и молоко, они

содержат полноценный белок, обладающий сбалансированным аминокислотным составом, и являются источником легкоусвояемого кальция, фосфора и калия. Кисломолочные продукты обладают очень высокой усвояемостью. Содержащиеся в них бактериальные ферменты выпускают необходимые для нашего организма свободные аминокислоты. Присутствию молочной кислоты способствует казеин в виде мелких частиц, что значительно облегчает процесс пищеварения [3].

В результате действия ферментов бактерий увеличивается процесс расщепления жира, а также происходит увеличение секреции желчи и пищеварительных соков. Из этих же соображений эти продукты рекомендуется особенно пожилым людям и людям с заболеваниями желудочно-кишечного тракта. Ферментированные напитки содержат вещества, обладающие антимикробными свойствами, которые подавляют рост и активность бактерий гниения. Кроме того, содержащиеся в молоке микроорганизмы способствуют дополнительному биосинтезу важных для нашего организма витаминов группы В.

Благодаря наличию бифидобактерий и палочек молочной кислоты ферментированные напитки проявляют противоопухолевые и антимутагенные свойства. Есть угнетающее влияние на развитие фекальной микрофлоры, которая активизирует канцерогены. Соответствующее количество полезных культур бактерий в желудочно-кишечном тракте обеспечивает защиту против развития гнилостной и патогенной микрофлоры. Бактерии, присутствующие в продуктах брожения, оказывают бактерицидное свойство против палочек тифа, дизентерии и туберкулеза. Угнетающее влияние на развитие вредных групп микроорганизмов имеет изготовленная под их влиянием молочная кислота, уксусная кислота и перекись водорода. Особенно чувствительными к присутствию перекиси водорода являются клостридии [3].

Теперь рассмотрим полезные свойства и противопоказания различных кисломолочных продуктов в отдельности.

Кефир прекрасно усваивается организмом, нормализует микрофлору кишечника, помогает наладить работу желудочно-кишечного тракта и улучшить обмен веществ. Кефир полезен при ослабленной иммунной системе, дисбактериозе, анемии, нарушениях сна, хронической усталости и заболеваниях нервной системы. Кефир широко используется для борьбы с лишним весом и включается в различные диеты. Пить этот кисломолочный напиток рекомендуют в умеренном количестве, но регулярно, и тогда он принесет организму большую пользу. Кефир противопоказан людям с повышенной кислотностью желудочного сока, при индивидуальной непереносимости, а также людям склонным к диареям.

Йогурт – это один из самых популярных кисломолочных продуктов в мире. Существует огромное количество различных йогуртов, но, к сожалению, не все они обладают полезными свойствами. Полезными являются натуральные йогурты, которые не подвергались термической обработке в процессе приготовления и содержат живые молочнокислые бактерии. Срок годности таких йогуртов очень мал. Натуральный йогурт обладает широким спектром полезных свойств. Он способствует нормализации работы пищеварительной системы, помогает снять болевые ощущения и дискомфорт в желудке, улучшает микрофлору кишечника. Благоприятно влияет на общее состояние организма, повышает иммунитет, улучшает состояние кожного покрова, костей и зубов. Йогурт противопоказан при индивидуальной непереносимости продукта. Кроме этого просроченный йогурт может вызвать сильнейшее отравление.

Творог – это полезнейший кисломолочный продукт, который люди знают и любят с древних времен. Творог является отличным источником легкоусвояемого белка, аминокислот, витаминов, кальция и других, важных для организма человека веществ. Регулярное употребление творога оказывает благоприятное воздействие практически на все системы и органы человека. Этот кисломолочный продукт помогает наладить работу

желудочно-кишечного тракта, улучшить обмен веществ, способствует формированию, укреплению и восстановлению костной ткани, укрепляет иммунную, нервную и сердечнососудистую системы. К противопоказаниям творога относится индивидуальная непереносимость этого продукта. Кроме того, людям с серьезными заболеваниями стоит проконсультироваться с врачом на предмет количества и выбора наиболее подходящего вида творога.

Сметана, как и другие кисломолочные продукты благоприятно влияет на работу пищеварительной системы, улучшает микрофлору кишечника. При термической обработке полезные бактерии, содержащиеся в сметане, погибают, поэтому этот продукт рекомендуют употреблять в свежем виде. Сметана способствует укреплению костной ткани, насыщает организм витаминами и минералами, оказывает положительное воздействие на репродуктивную функцию. В отличие от большинства кисломолочных продуктов сметана способствует набору веса и поэтому рекомендуется людям, желающим увеличить массу тела. Также сметану советуют употреблять людям истощенным болезнями, при плохом аппетите. Регулярное употребление сметаны способствует укреплению мышечной ткани, улучшению умственной деятельности, повышению настроения. Сметана противопоказана при индивидуальной непереносимости. Не рекомендуется этот кисломолочный продукт при язвенной болезни и гастритах с повышенной кислотностью.

Простокваша – популярный кисломолочный продукт жителей России, Украины, Грузии, Армении и других стран. Разновидностью простокваши являются варенец и ряженка. Полезные свойства простокваши не менее широки, чем у других кисломолочных продуктов. Простокваша благотворно влияет на функционирование всего желудочно-кишечного тракта, нормализует микрофлору, улучшает перистальтику кишечника и работу поджелудочной железы, помогает выводить из организма шлаки и токсины. Простоквашу рекомендуют при гастритах, колитах и других нарушениях работы пищеварительной системы. Хорошее влияние оказывает этот продукт на сердечнососудистую систему, полезен при гипертонии, атеросклерозе, анемии и ишемической болезни сердца. Регулярное употребление простокваши способствует улучшению состояния кожи, ногтей и волос. Простоквашу часто включают в диеты для похудения. Простокваша противопоказана при заболеваниях печени и некоторых болезнях желудочно-кишечного тракта [4].

Рисунок 1. Сегментация рынка по видам продукции из молока.

Из данной диаграммы видно, что кисломолочные продукты и йогурты занимают второе место по популярности, уступая лишь молоку, далее идут сметана, творог и другие продукты из молока. Это может говорить о том, что спрос на данную продукцию достаточно велик, что обусловлено большим количеством полезных свойств кисломолочных продуктов.

Таким образом, кисломолочные продукты обладают множеством полезных свойств. При употреблении они воздействуют почти на все системы человеческого организма, но особенно благотворно действуют на желудочно-кишечный тракт. При этом нормализуется

микрофлора кишечника, улучшается перистальтика, а также оказывается благоприятное воздействие на пищеварительную систему в целом. Также кисломолочные продукты оказывают влияние на костную систему, укрепляя её за счёт большого содержания витаминов и минералов в своём составе. Кисломолочные продукты обладают также высокой усвояемостью, питательностью и биологической ценностью, лечебными и профилактическими свойствами.

Библиографический список:

1) Кисломолочные продукты [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Кисломолочные_продукты (Дата обращения 22.12.2016)

2) Польза кисломолочных продуктов для организма человека [Электронный ресурс]. – URL: http://freefromfat.ru/polza-kislomolochnyx-produktov.html (Дата обращения 22.12.2016)

3) Влияние кисломолочных продуктов на состояние здоровья [Электронный ресурс]. – URL: http://medbe.ru/news/raznoe/vliyanie-kislomolochnykh-produktov-na-sostoyanie-zdorovya/ (Дата обращения 22.12.2016)

4) КИСЛОМОЛОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ: полезные свойства и противопоказания. [Электронный ресурс]. – URL: http://chudesalegko.ru/kislomolochnye-produkty-poleznye-svojstva-i-protivopokazaniya/ (Дата обращения 22.12.2016)

Кузнецова Юлия Александровна
магистрант
Малин Николай Иванович
д-р техн. наук, профессор

Kuznetsova Yuliya Aleksandrovna
undergraduate
Malin Nikolay Ivanovich
dr. techn. sciences, professor

РГАУ-МСХА имени Тимирязева К.А., г. Москва, Россия
Russian state agrarian University – MAA after K.A. Timiryazev,
Moscow, Russia
E-mail: yuliya_kuznetsova93@mail.ru

УДК 69.003.13

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ЗДАНИЯХ, ОБОРУДОВАННЫХ СИСТЕМАМИ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

CLASSIFICATION AND EVALUATION ENERGY SAVING MEASURES IN BUILDINGS EQUIPPED WITH A SYSTEM OF WATER HEATING

Аннотация: Показано, что проведение работы по энергосбережению невозможно без достоверной и исчерпывающей информации об энергоэффективности тех или иных энергосберегающих мероприятий. На основе анализа технической литературы предложено все известные энергосберегающие мероприятия в зданиях рассматривать как имеющие косвенное или непосредственное влияние на энергоэффективность системы водяного отопления. В свою очередь, каждая из этих двух групп может быть разбита на три подгруппы, с включением в каждую из них от двух до шести (и более) конкретных мероприятий. Данная классификация послужила основой для предложенной авторами итоговой формы, куда помимо элементов классификации могут быть сведены данные, достаточные для принятия решения о целесообразности проведения того или иного энергосберегающего мероприятия, а именно: потенциал энергосбережения и характер затрат, в сопоставлении со сроком окупаемости.

Abstract: It is shown that the conduct of work on energy conservation is not possible without reliable and comprehensive information about the energy efficiency of various energy-saving measures. Based on the analysis of technical literature offered to all known energy-saving measures in buildings considered as having a direct or indirect impact on the energy efficiency of water heating systems. In turn, each of these groups can be divided into three groups, with the inclusion of each of these two to six (or more) specific activities. This classification was the basis for the authors of the proposed final form, where in addition to the classification of the elements can be reduced data sufficient for a decision on the feasibility of a particular energy saving measures, namely: energy-saving potential and the nature of the costs, in comparison with a payback period.

Ключевые слова: водяное отопление, энергосбережение, мероприятия, характеристика, энергоэффективность, классификация, потенциал.

Keywords: water heating, energy saving, measures, characteristics, energy efficiency, classification, potential.

Введение

Энергоэффективное теплоснабжение зданий децентрализованных аграрных предприятий и прилегающих к ним объектов жилищно-коммунальной инфраструктуры связано с необходимостью проведения на них энергосберегающих мероприятий и, в частности, в системах водяного отопления, являющихся весьма важным потребителем тепловой энергии.

Понятие «энергосбережение» можно охарактеризовать как реализацию организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования [1, 2].

Без достоверной и исчерпывающей информации невозможно сформировать программу энергосбережения, с включением в нее наиболее приемлемых методов реализации, особенно при отсутствии статистических данных по энергосбережению, как на региональном, так и на муниципальном уровнях [2, 59].

Таким образом, перечень мероприятий по энергосбережению, в том числе обязательных, несомненно должен базироваться на должном информационном сопровождении, включающем не только описание сущности тех или иных мероприятий, но и детальную характеристику их эффективности.

Основной раздел

Известно, что решение конкретной проблемы энергосбережения в зданиях, оснащенных системами водяного отопления, требует, в первом приближении, наличия информации по следующим трем направлениям:

характеристика отапливаемого объекта, включая, как минимум: архитектурно-строительные особенности отапливаемого здания, требования к величине общего

термического сопротивления теплопередаче наружного ограждения здания, градусо-сутки отопительного периода, климатические параметры холодного и теплого периодов года, нормируемые значения температуры внутреннего воздуха, нормируемый перепад температур воздуха помещения и внутренней поверхности ограждения, количество воздуха, фильтрующегося через конструктивные слои стен и перекрытий, тепловой баланс помещений объекта [3, 11, 84];

характеристика системы водяного отопления, включая, как минимум: принципиальную схему теплоснабжения от водогрейной котельной, схему присоединения системы отопления к системе водяного теплоснабжения через центральный, или индивидуальный тепловые пункты (соответственно, ЦТП или ИТП), характер тепловых нагрузок, режим работы тепловой сети, тепловая мощность, тип и схема размещения отопительных приборов в каждом помещении, схема разводки [3, 4, 87];

перечень и характеристика типовых энергосберегающих мероприятий в системах водяного отопления зданий различного назначения.

Таким образом, при наличии конкретного объекта и соответствующей информации по первым двум направлениям, речь идет о сборе и последующем рациональном использовании информации по третьему направлению.

Анализ технической литературы по описанию энергосберегающих мероприятий в зданиях, оснащенных системами водяного отопления, показал следующее [4-10]:

очень мало информации конкретно по системам водяного отопления;

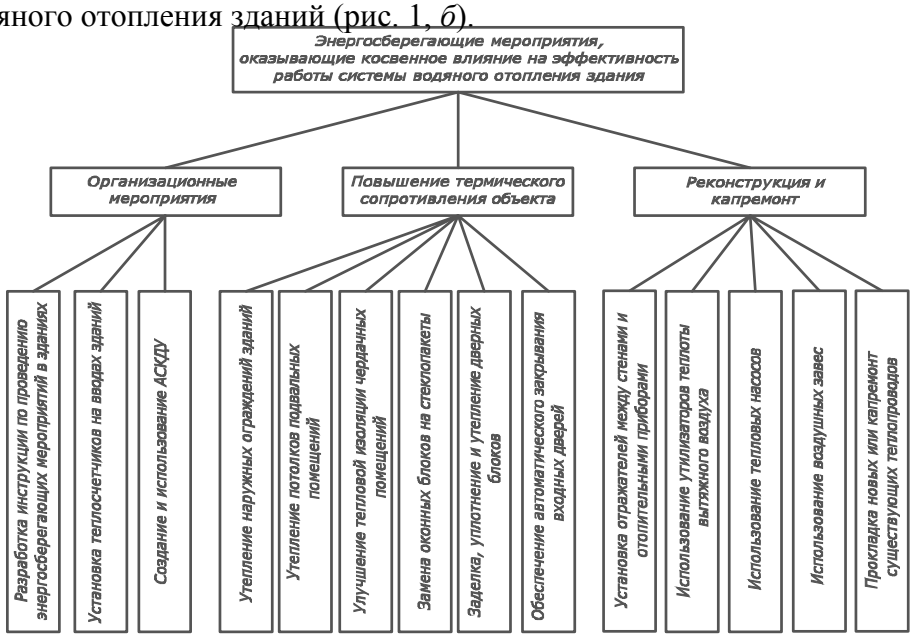
имеющаяся информация дает описание отрывочных (бессистемных) мероприятий, зачастую без детальной характеристики их энергоэффективности;

отсутствует критерий объективной оценки сравнительной энергоэффективности мероприятий: имеющиеся данные об экономии топлива и о сроках окупаемости относятся к конкретным анализируемым объектам теплопотребления, ориентированы в основном на источник тепловой энергии, а потому несопоставимы; подтверждением этого служит тот факт, что срок окупаемости одного и того же объекта на разных объектах может варьировать в пределах от одного до пяти и более лет.

Вполне очевидно, что конечной целью любого энергосберегающего мероприятия в зданиях является снижение тепловой нагрузки на систему отопления. Таким образом, исходя из этого положения можно утверждать, что все известные мероприятия можно разделить на две группы:

мероприятия, косвенно влияющие на эффективность энергосбережения в системах водяного отопления зданий (рис. 1, *а*);

мероприятия, непосредственно влияющие на эффективность энергосбережения в системах водяного отопления зданий (рис. 1, *б*).



а

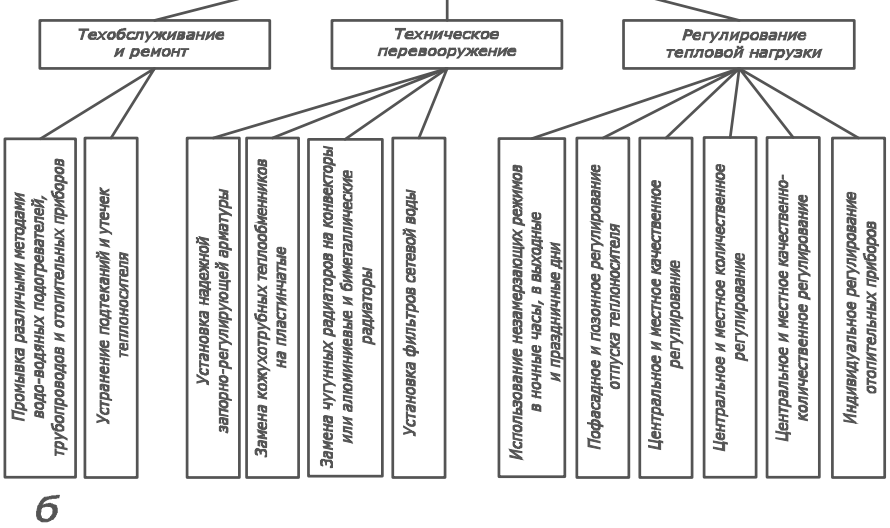


Рис. 1. Классификация энергосберегающих мероприятий, оказывающих косвенное (*а*) и непосредственное (*б*) влияние на эффективность работы системы водяного отопления здания

Не менее важным, помимо приведенной выше классификации, является наличие информации об энергоэффективности того или иного мероприятия, которая, как показано ранее, по существу отсутствует, если не считать, применительно к конкретным объектам, данных о снижении затрат топлива и сроках окупаемости отдельных мероприятий.

В связи с этим, нами предпринята попытка разработки более универсальной и расширенной классификации энергосберегающих мероприятий в системах водяного отопления зданий, включающей следующие показатели: вид, наименование и сущность мероприятия; характеристика мероприятия по виду затрат и сроку окупаемости; энергоэффективность.

Что касается группы первых трех показателей (вид, наименование и сущность мероприятия) то они в достаточной мере представлены на рис. 1. Группу следующих двух показателей предложено представить принятым в нормативной литературе сопоставлением срока окупаемости с видом затрат (малозатратное, среднезатратное и высокозатратное). Единственное отличие: каждый из видов затрат сопоставляется не с одним (как принято в нормативной литературе), а с двумя сроками окупаемости. Что же касается энергоэффективности, то в качестве наглядного критерия, позволяющего, на фоне данных о виде затрат и сроке их окупаемости, провести именно сравнительный анализ энергоэффективности различных мероприятий, предлагается использовать универсальный показатель «Потенциал энергосбережения ΔЭ, %».

Последний не зависит от размеров объекта и определяется из процентного отношения величины сэкономленной тепловой энергии на отопление $\Delta Q_о$ (кДж; МДж) к расчетной $Q_о$ (кДж; МДж), полученной в сопоставимых температурных условиях окружающей среды и отапливаемого помещения, т.е.

$$\Delta Э = 100\ \Delta Q_о / Q_о,\ \%.$$

Имея данные о величине потенциала энергосбережения и расчетной величине тепловой энергии, необходимой для отопления здания в контрольном варианте, можно легко определить размер экономии топлива, а затем и остальные необходимые экономические показатели, включая характер затрат и срок их окупаемости.

Предложенный итоговый вариант расширенной классификации, с включением извлечения из приведенного на рис. 1 перечня мероприятий, достаточный для проведения расчетов, оценки сравнительной эффективности различных энергосберегающих мероприятий, последующего сбора необходимых статистических данных применительно к отдельным объектам, муниципалитетам, а затем и на региональном уровне, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Классификация и характеристика энергосберегающих мероприятий в системах водяного отопления зданий

Энергосберегающее мероприятие							
Вид, наименование и сущность	ΔЭ, %	Характеристика по виду затрат					
		мало-затратное		средне-затратное		высоко-затратное	
		Срок окупаемости, лет					
		≤1	>1…2	>2…3	>3…5	>5…7	>7…15
Мероприятия, оказывающие косвенное влияние на эффективность работы системы водяного отопления здания							
Организационные:							
разработка инструкции по проведению энергосберегающих мероприятий в зданиях							
…							
Повышение термического сопротивления объекта:							
утепление наружных ограждений зданий							
…							
Реконструкция и капремонт:							
установка отражателей между стенами и отопительными приборами							
…							
Мероприятия, оказывающие непосредственное влияние на эффективность работы системы водяного отопления здания							
Техобслуживание и ремонт:							
промывка различными методами водо-водяных подогревателей, трубопроводов и отопительных приборов							
…							
Техническое перевооружение:							
установка надежной запорно-регулирующей арматуры							
…							

Регулирование тепловой нагрузки:							
использование незамерзающих режимов в ночные часы, в выходные и праздничные дни							
…							

Заключение

Проведенными исследованиями показано, что работа по формированию программ энергосбережения в зданиях, оснащенных системами водяного отопления, проводимая на уровне отдельных предприятий, муниципальных образований и регионов, должна базироваться на использовании предложенной формы классификации и характеристики энергосберегающих мероприятий, с предварительным включением в нее необходимых статистических данных о потенциале энергосбережения и характере затрат на проведение того или иного мероприятия.

Библиографический список

1. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Сергеев, Н.Н. Методологические аспекты энергосбережения и повышения энергетической эффективности промышленных предприятий: монография / Н.Н. Сергеев. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2013. – 116 с.
3. Малин, Н.И. Теплотехнические системы предприятий: Учебное пособие / Н.И. Малин. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. – 172 с.
4. Варфоломеев, Ю.М. Отопление и тепловые сети: Учебник / Ю.М. Варфоломеев, О.Я. Кокорин. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 480 с.
5. Губин, В.Е. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии в энергетике / В.Е. Губин, С.А. Косяков. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 252 с.
6. Малин, Н.И. Энергосбережение и энергоаудит в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях: Учебное пособие / Н.И. Малин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 159 с.
7. Подгорный, И.И. Энергосбережение в бюджетной сфере: опыт и предложения по распространению энергосберегающих технологий / И.И. Подгорный. – М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2007. – 28 с.
8. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов / под общей ред. О.Л. Данилова и П.А. Костюченко. – М.: Технопромстрой, 2006. – 560 с.
9. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: Учебник / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. М.: Изд. дом МЭИ, 2010. – 424 с.
10. Энергосбережение на предприятиях промышленности и жилищно-коммунального хозяйства: справочно-методическое пособие / под ред. П.А. Костюченко, О.Л. Данилова. – М.: Технопромстрой, 2006. – 700 с.
11. Бухмиров, В.В. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий / В.В. Бухмиров, Н.Н. Нурахов, П.Г. Косарев и др. – Томск: ИД ТГУ, 2014. – 96 с.
12. ГОСТ Р 54860-2011 Теплоснабжение зданий. Общие положения методики расчета энергопотребности и эффективности систем теплоснабжения.
13. Симонов, К.С. Оценка потенциала энергосбережения при пофасадном регулировании отпуска теплоты на отопление / К.С. Симонов, А.Е. Проскуряков, А.А. Грязных, О.А. Рябцев. Science forum.ru. 2014/551/2229.

Ревин А.А.
д-р техн. наук, профессор,
Ларин Егор Сергеевич
аспирант
Волгоградский государственный технический университет
E-mail:gorge90@mail.ru

УДК 629.113.59

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ С АБС В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация: Рассмотрена возможность диагностирования технического состояния тормозной системы автомобиля с АБС в процессе эксплуатации. Представлена концепция совместного использования бортовых средств и стендового оборудования при диагностировании.

Ключевые слова: автомобиль, антиблокировочная система (АБС), диагностика, стенд

Abstract: Possibilities of diagnosing of a technical condition of brake system of the car with ABS while in service are considered. The concept of sharing of onboard means and stands for diagnosing is presented.

Keywords: the car, antiblocking brake system (ABS), diagnostics, the stend

Тормозная система автомобиля во многом определяет его активную безопасность. Известно, что от эффективной работы тормозной системы зависит многое. Так, оснащение выпускаемых автозаводами автомобилей средствами автоматики, в первую очередь антиблокировочной системой (АБС), системой обеспечения курсовой устойчивости (ESP), системой повышения темпа нарастания давления рабочего тела при экстренном торможении (brake assist) и т.п. безусловно способствует повышению безопасности движения. По данным печати более 80 % выпускаемых на автозаводах Европы легковых автомобилей оборудованы штатной АБС.

Однако, эффективное использование любых систем в эксплуатации возможно лишь при успешной реализации методов контроля за их техническим состоянием. В противном случае (особенно это касается использования автоматических систем) можно получить гораздо более опасную ситуацию. Вместе с тем, с представлениями о контроле за техническим состоянием тормозной системы автомобиля с АБС еще многое не ясно. Попробуем разобраться в существующей проблеме.

Прежде всего, это отсутствие на автомобилях с АБС у водителя традиционных признаков исправности тормозной системы. При торможении юзом этими признаками часто являются следы, оставляемые на поверхности асфальтобетона заторможенными колесами. По оставленным следам прежде всего можно судить об эффективности функционирования тормозного привода, т.е. превысил или нет развиваемый на колесах автомобиля тормозной момент максимально возможный момент по сцеплению в данных дорожных условиях. Как известно, величина последнего находится по зависимости

$M_т^{max} = R_z \varphi_{max} r_Д$,

где: R_z- нормальная нагрузка на колесе, $r_Д$ -динамический радиус колеса, φ_{max} - максимальная величина коэффициента сцепления при оптимальном проскальзывании.

С другой стороны по оставленным следам юза косвенно можно судить о неравномерности действия тормозных механизмов в силу различных причин эксплуатационного характера. Существенное расхождение следов является побудительным мотивом для технического обслуживания тормозов или направления автомобиля на стендовую диагностику.

При наличии АБС в тормозной системе автомобиля отсутствие следов юза на поверхности дороги может быть расценено двояко, поскольку это может свидетельствовать как об эффективной работе АБС, так и о недостаточной эффективности функционирования элементов тормозного привода и его неспособности в принципе обеспечить величину максимального момента по сцеплению. Последнее способствует затормаживанию колеса в докритической по проскальзыванию области φ(S)- диаграммы. Но и в первом случае не все так однозначно, поскольку при функционировании АБС оценить степень использования максимального коэффициента сцепления и его соответствие требованиям нормативов водителю, в отличие от торможения юзом, по своим ощущениям практически не представляется возможным.

В процессе эксплуатации автомобиля контроль технического состояния проводится периодически при очередном ТО через определенный пробег или один раз в год при ГТО. Вместе с тем, внезапный отказ элементов тормозной системы автомобиля и особенно с АБС влечет за собой усугубление тяжести последствий. По свидетельству дорожной полиции стран Европы внезапный отказ АБС приводил к более тяжелым последствиям от ДТП.

Производители АБС оснащают свою продукцию системой самоконтроля, которая нацелена на проверку исправности электрических цепей и уровня сигнала. Обрыв цепи питания модулятора или датчика немедленно приведет к отключению АБС и подаче предупреждающего сигнала водителю. Очевидно, что данный подход не исчерпывает все

возможные неисправности ее элементов. К перечисленным можно добавить изменение сечения каналов модулятора вследствие засорения, задержка при срабатывании клапанов, угловая податливость статора датчика АБС и т.п. При таких неисправностях система самодиагностики АБС сигнала об отказе не подает.

В связи с этим возникает острая необходимость в совершенствовании бортовых средств диагностики технического состояния элементов тормозной системы, способных в межконтрольный период эксплуатации получить объективную информацию для водителя о состоянии тормозной системы в целом и качестве осуществляемого рабочего процесса. По нашему мнению, на первом этапе диагностирование должно базироваться в первую очередь на параметрах эффективности и давать общую «интегральную» оценку, тем самым, восполняя для водителя отсутствие объективных визуальных критериев следов юза. В основу таких бортовых средств диагностики должна быть положена тормозная динамичность на базе реализованного замедления, например, с помощью, предложенной в патенте [1] конструкции для гидравлического привода.

Совершенствование бортовых средств диагностики тормозной системы автомобиля с АБС целесообразно вести в направлении развития бортовых средств контроля на основе разработанных структурно-следственных схем. При этом необходимо помнить о присущей эксплуатации автомобиля существенной вариации характеристик внешних условий, в частности, флуктуации коэффициента сцепления как в продольном, так и в поперечном направлениях.

Для анализа состояния системы, необходимо в реальном времени получать информацию о текущем состоянии исполнительных тормозных механизмов, тормозных магистралей, гидроагрегата АБС, датчиков скорости. Эту информацию, можно получить, введя в конструкцию автомобиля дополнительные датчики (датчики износа тормозных накладок, датчики давления рабочего тела, датчики замедления автомобиля и др.). Поскольку существующая бортовая система самоконтроля не предназначена для обработки такого рода информации то целесообразно введение в конструкцию дополнительного диагностического блока. При этом появляется возможность судить об исправности системы в межконтрольный период эксплуатации автомобиля.

Флуктуация коэффициента сцепления не позволяет однозначно задать стандартные нормальные значения сигналов всех дополнительных датчиков, поэтому целесообразно проводить анализ на основе данных полученных в серии торможений. При систематических отклонениях, полученных данных от записанных ранее, диагностический блок включает сигнализатор неисправности АБС на приборной доске, а также дает команду на запись в ПЗУ как нормальных, так и не корректных данных.

Явление флуктуации коэффициента сцепления по пути обуславливает необходимость проведения контроля за техническим состоянием элементов тормозной системы при фиксированных воспроизводимых условиях, что достигается только при стендовой диагностике.

Все существующие стенды, на которых возможно диагностирование тормозной системы автомобиля можно разделить на две большие группы: роликовые силовые и барабанные инерционные. Стенды площадочного типа опускаем из рассмотрения вследствие необходимости обеспечения относительно высоких скоростей движения при наличии на автомобиле АБС.

При оценке качества функционирования АБС в лабораторных условиях на инерционных стендах важным обстоятельством является максимально возможное воссоздание реальных условий взаимодействия шины с поверхностью дороги. Последнее достигается, с одной стороны, путем адекватного реальному процессу распределения нормальных нагрузок в пятне контакта и, с другой – воссоздание закона изменения коэффициента сцепления от проскальзывания. Первое условие обуславливает как минимум полуторократное соотношение диаметров бегового барабана и колеса автомобиля, а второе

- введение системы очистки барабана в пятне контакта от продуктов износа шин, например, с помощью внесения в пятно контакта порошка каолина, как это реализовано на стенде для испытания шин на износ протектора на Волжском шинном заводе и т.п. Все сказанное выше существенно усложняет конструкцию и увеличивает габариты стенда инерционного типа, переводя его в разряд исследовательских, что исключает массовое применение на СТОА и в АТП.

Получивший широкое распространение роликовый силовой тормозной стенд располагает роликами с нанесенным для обеспечения максимального сцепления с шиной продольным рифлением, что практически исключает возможность воспроизведения близкого к реальному дорожных условий по сцеплению шины. Однако, в силовом стенде эта необходимость не требуется, поскольку основной задачей является оценка максимально возможной реализации тормозных моментов на колесах, а также различия тормозных сил на предмет их соответствия допустимым по требованию нормативов значению. На первый взгляд подобная конструкция не позволяет осуществлять диагностирование АБС из-за того, что ролики максимально исключают проскальзывание колеса.

Выходом из сложившейся ситуации может явиться диагностирование с использованием имитации движения и торможения автомобиля. Вызвать срабатывание АВС на стенде можно двумя способами: применением специального задатчика режимов, который имитирует сигналы датчика угловой скорости колеса и программного обеспечения, загруженного в блок управления, которое на программном уровне осуществляет имитацию сигналов.

Первый подход заключается в следующем. У нескольких заведомо исправных автомобилей одной марки, модели и модельного года (не менее трех автомобилей) снимается вольтажно-временная и амперно-временная характеристики с датчика скорости вращения каждого из колес, а так же с датчика скорости автомобиля для определения средних значений. При помощи задатчика сигналов, полученные характеристики подаются на вход блока управления АБС. Задатчик представляет собой генератор импульсов, который обеспечивает эмуляцию сигнала с датчиков вращения колес и датчика скорости автомобиля. Генератор может управляться динамически с персонального компьютера или работать по заранее заданному закону.

Процедура проверки эффективности работы АБС выполняется путем отсоединения четырех датчиков скорости вращения колес и датчика скорости автомобиля и подключения на их место выходов с задатчика, после чего автомобиль устанавливается на роликовый силовой стенд. При вращении колес водитель обжимает педаль тормоза с усилием не менее 20% от максимального. Оператор стенда включает задатчик имитации сигналов датчиков состояния вращения колес, который генерирует сигнал в соответствии с полученной ранее характеристикой, имитируя периодическое вхождение в юз каждого из колес. По окончанию диагностирования оператор по диаграмме тормозных сил, величине «провалов» (моментов срабатывания модулятора АБС) судит о качестве отработки сигналов управления и на основе «сравнения состояний» (диаграмм) тестируемого автомобиля с принятым за эталон заведомо исправным автомобилем оператор делает заключение о состоянии системы. График полученного при диагностировании на стенде процесса приведен в приложении 1 (график 1).

Второй подход направлен на имитацию движения автомобиля «внутри блока управления». Он заключается в том, что в программный код блока управления встраивается дополнительная специальная программа, отвечающая за диагностику АБС на силовом роликовом стенде. Данный алгоритм замещает значения датчиков скорости вращения колес и скорости автомобиля, точно так же как при использовании задатчика сигналов. Управлять данными скорости можно вручную динамически или в автоматическом режиме по заранее заданному закону.

Процедура проверки аналогична первому случаю, за исключением необходимости подключения диагностического оборудования в разъем OBD-II, т.е. входа в диагностическую программу и выбора проверки АБС в разделе активаций.

У данных методов есть как достоинства, так и недостатки. Основной недостаток метода с использованием задатчика сигналов, касается области применения на реальной СТО или в АТП, т.к. подключение дополнительных кабелей занимает определенное время. Подключать можно двумя способами в промежуточных разъемах датчиков или в главном разъеме блока управления АБС. И тот и другой способ далеки от идеального, поскольку для подключения потребуется доступ снизу автомобиля. При подключении непосредственно к блоку обязателен переходник, соединяющий блок и проводку. К тому же блок АБС на некоторых автомобилях может располагаться в труднодоступных местах, например, на автомобиле Volvo V40 CC 2014 модельного года для доступа к блоку АБС предварительно необходимо снять аккумуляторную батарею.

Применение переходных, совместимых с автомобилем разъемов, вводит определенное ограничение по универсальности, т.к. даже на одной модели, но разных годов выпуска могут отличаться разъемы или расположение проводов. Кроме того, это создает дополнительные требования к квалификации оператора. Вместе с тем, данный метод проще реализовать, и он дешевле на стадии проектирования.

Программный метод предпочтительнее, т.к. является более технологичным. В этом случае отсутствует необходимость вмешиваться в электрическую схему автомобиля и, следовательно, сокращается время проверки, что позволяет увеличить эффективность тормозного стенда, снизить затраты на обучение оператора и уменьшить вероятность ошибки. Однако, существенным недостатком данного метода является необходимость вмешательства в программное обеспечение блока АБС, на что имеет право только завод изготовитель.

Из сказанного следует, что для применения программного метода необходимо разработать базовый универсальный алгоритм работы программы диагностирования, который может с минимальными затратами быть встроен в код блока управления АБС. При этом необходима совместная работа со специалистами производителя АБС. Если рассматривать АТП или официальный дилерский центр как организации, специализирующиеся на одной марке автомобилей, то завод-изготовитель должен быть заинтересован в повышении качества обслуживания.

В целом из сказанного выше можно сделать следующие выводы:

- с учетом особенностей функционирования тормозной системы автомобиля с АБС диагностирование должно производиться на комплексной основе, включая средства бортовой диагностики в межконтрольный период, а по их показаниям - на снабженных задатчиком режимов силовых роликовых стендах;
- дальнейшее развитие бортовых средств диагностирования для автомобилей с АБС возможно на основе разработки новых методов диагностирования с опорой на многоуровневые структурно-следственные схемы, в первую очередь созданных по параметрам эффективности [2];
- углубленную поэлементную диагностику целесообразно проводить в стендовых условиях, с максимально возможным исключением влияющих на процесс случайных факторов. Для широкого внедрения процесса диагностирования в практику ТО автомобилей с АБС целесообразно использовать широко распространенное апробированное стендовое оборудование отечественного производства со сравнительно небольшой стоимостью и габаритными размерами, например, силовые роликовые стенды ГАРО, при соответствующей их доработке;
- доработку силовых роликовых стендов целесообразно вести в направлении создания специальных задатчиков режимов, позволяющих при использовании стандартного оборудования стенда оценить время запаздывания срабатывания

модулятора, темпы изменения тормозных моментов, пороги настройки логического блока АБС и т.п. Перспективным направлением следует считать включение в блок АБС модуля самодиагностики, с записанными тестовыми режимами для проверки на силовых роликовых стендах.

Библиографический список:

1. Патент 145381 Устройство для диагностики тормозов на борту автомобиля. / Евдокимов Д.С., Ревин А.А. Опубл. 20.09.2014. Бюл. № 26.

2. А.А. Ревин, В.В. Котов, В.В. Еронтаев Диагностирование пневматической тормозной системы автомобиля с АБС по параметрам рабочего процесса. Известия вузов. Машиностроение.-2007.-№7, С.26-31.

Проаспэт Анастасия Георгиевна
Proaspet Anastasiya Georgievna
Математик-программист
Веб-разработчик, преподаватель учебных курсов
Центр сертифицированного обучения 1С-Битрикс и 1С-UMI ООО «Дело Системы»
E-mail: 89680392308@mail.ru

УДК 007.2

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

ACTUAL PROBLEMS OF ENERGY CONSUMPTION OF MODERN MOBILE DEVICES

Аннотация: На сегодняшний день мобильные устройства получили широкое распространение. Одно из их главных преимуществ - наличие возможности использования в любой удобный момент. Однако быстрый расход заряда батареи ставит под угрозу преимущество мобильности. Проблема оптимизации энергопотребления портативных устройств является актуальной, так как несколько лет назад мобильные устройства в связи с низким потреблением энергии были способны на длительную автономную работу. Данное исследование посвящено анализу причин снижения времени активного использования мобильных устройств и выработке предложений по оптимизации работы операционных систем для них.

Abstract: To date, mobile devices have become widespread. One of their main advantages is the availability of use at any moment. However, the rapid consumption of the battery compromises the advantage of mobility. The problem of power optimization portable devices is important because a few years ago mobile devices due to the low energy consumption was capable of long autonomous work. This study focuses on the analysis of the reasons for the decrease in time of active use of mobile devices and develop proposals to optimize operating systems for them.

Ключевые слова: мобильные устройства, смартфоны, планшетные компьютеры, энергопотребление, мобильные операционные системы, автономная работа, Android, iOS, Windows Mobile.

Keywords: mobile devices, smartphones, tablet computers, energy consumption, mobile operating systems, battery life, Android, iOS, Windows mobile.

Одним из важных направлений развития ИТ является совершенствование мобильных устройств. Продажи ноутбуков падают, продажи смартфонов и планшетов растут, растёт и их роль в жизни современного человека. По данным компании Locked, размещающей рекламу на экранах блокировки, владельцы смартфонов более ста раз в день используют свои гаджеты.

Возможности мобильной техники становятся всё больше и больше. Архитектура процессоров для такой техники развивается по количественному направлению, то есть, становится больше количество транзисторов, тактовых частот, растёт размер кэша, уменьшаются размеры транзисторов, совершенствуется техпроцесс; а также по качественному: увеличивается количество конвейеров и функциональных блоков. Благодаря этим изменениям происходит рост энергопотребления. Пять-шесть лет назад аккумулятор, емкость которого 700-900мАч, позволял телефону активно работать не один день, то в настоящее время аккумулятора ёмкостью 2000-3000мАч недостаточно даже на один день. Время активной автономной работы снизилось на 75%. Увеличение ёмкости аккумулятора почти не решает проблему.

Но высокая мощность современных процессоров – не единственная причина быстрой разрядки аккумулятора.

Таблица №1

Изменение в энергопотреблении при использовании различных функций в 2009-2011 гг.

Изменения в энергопотреблении при использовании различных функция с 2009 по 2011 год			
Function	2009	2011	% Увелич.
Дисплей	300 mW	900 mW	300%
Периферия	400 mW	1500 mW	275%
Процессор	800 mW	1620 mW	200%
Аудио	300 mW	400 mW	30%
Радио	1200 mW	1330 mW	11%
TOTAL	3000 mW	5750 mW	92%

Высокий расход энергии на работу дисплея связан с увеличением его размера, порой чрезмерным, и нерациональной регулировкой яркости. Дисплей потребляет более 50% энергии аккумулятора.

Вся аппаратная часть смартфона нуждается в особом внимании разработчиков. Выяснилось, что после прекращения работы с интернетом устройство связи должно перейти в режим более низкого энергопотребления в течение нескольких миллисекунд, однако исследователи из университета Пердью выяснили, что оно продолжает активно работать ещё семь секунд. Кроме того, они заметили, что бесплатные игры расходуют на игру только 25% потребляемой энергии, а остальное – на рекламу. Расходы энергии на аппаратную часть связаны также с работой множества ненужных пользователю в данный момент синхронизаций – wi-fi, gps и других.

Если сопоставить списки мобильных операционных систем с открытым и закрытым исходным кодом, а также способных и не способных экономить заряд батареи, можно заметить закономерность.

Таблица №2

Сопоставление списков операционных систем с закрытым и открытым исходным кодом, а также способных и не способных экономить заряд аккумулятора.

Свойство *Операционная система*	**Открытость**	**Низкое потребление энергии**
Android	+	-
Windows Phone	-	+ / -
IOS	-	+
MeeGo	+	-
Symbain	-	+
Bada	-	-
Black Berry	-	+

Смартфоны, исходный код операционных систем которых открыт, разряжаются быстрее. В первую очередь стоит обратить внимание на реализацию многозадачности. В ОС Android при выходе приложение не закрывается, а сворачивается, поэтому продолжает потреблять энергию. ОС iOS гораздо реже допускает фоновую работу приложений. Кроме того, приложения для закрытых операционных систем пишут более профессиональные разработчики.

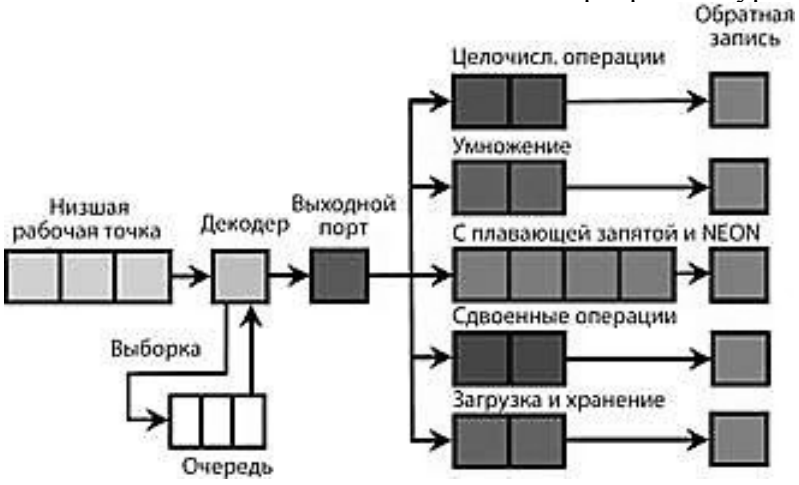
Исследователи университета Пердью подсчитали, что если разработчики будут стараться обходить опасные места, связанные с использованием аппаратной части смартфона, то энергопотребление приложений может снизиться на 20-65%.

Также на эту проблему обратили внимание исследователи из университета Мичигана. Они разработали технологию Energy-Minimizing Idle Listening, которая сократила количество обращений к wi-fi в 16 раз. Применение технологии E-MiLi позволило сократить расход энергии на wi-fi на 44%.

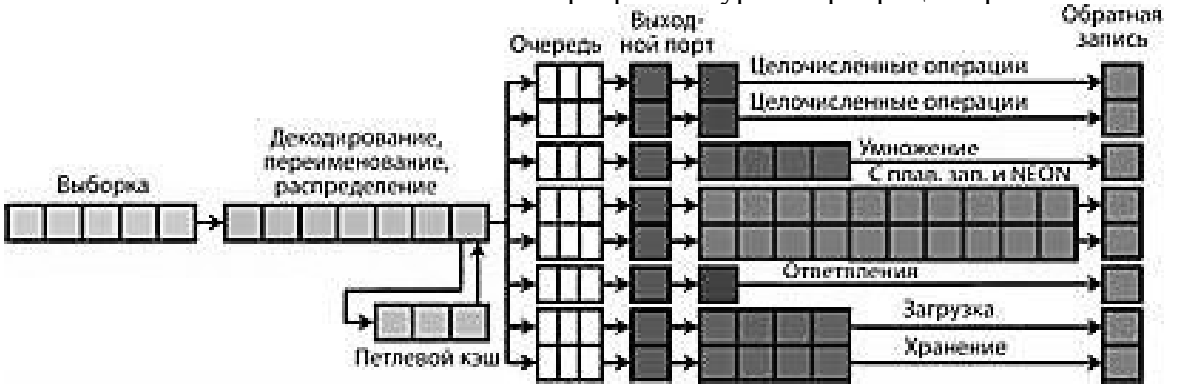
Снижение расходов энергии на дисплей на треть может снизить общий расход заряда аккумулятора более чем на 30%. Чтобы этого добиться, диапазон яркости дисплея нужно расширить в меньшую сторону, а также предложить пользователю установить изменение яркости по расписанию. Возможность устанавливать низкую яркость реализована в приложении Cool Reader для операционной системы Android. Такая возможность полезна для тех, кто использует смартфон для чтения электронных книг, так как это приложение для чтения.

Для того чтобы сократить потребление энергии процессором, корпорация ARM разработала архитектуру big.LITTLE. Так как более старые процессоры способны выполнять тривиальные задачи и потреблять меньше энергии, целесообразно комбинировать процессор Cortex-A7 - более старый, и процессор Cortex-A15 – более новый. Это становится возможным благодаря тому, что они оба имеют одну архитектуру, различаются только быстродействием и микроархитектурой. К тому же, производительность менее современного процессора Cortex-A7 больше производительности появившегося позже процессора Cortex-A8, поэтому процессор Cortex-A7 может справляться с большинством вычислительных задач.

Микроархитектура микропроцессора Cortex-A7

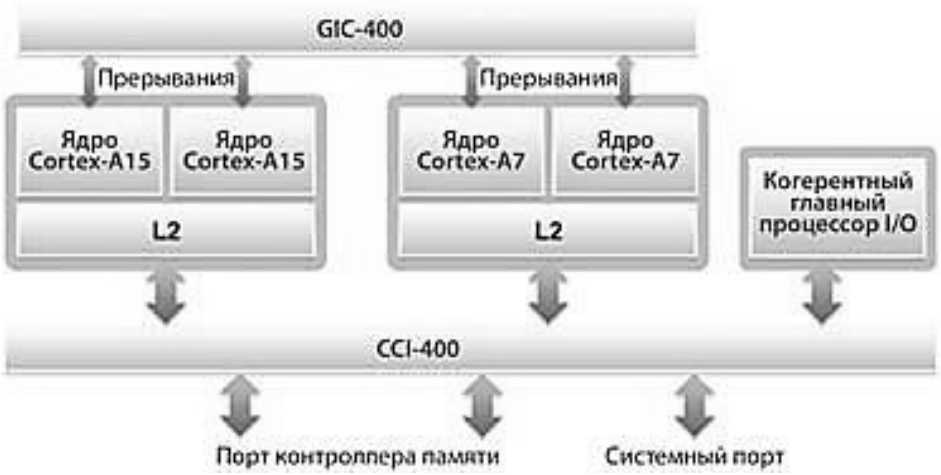


Микроархитектура микропроцессора Cortex-A15



Один из самых важных элементов архитектуры big.LITTLE – это система межсоединений CCI-400. Она может обеспечить согласованность между процессорами. Следующий по значимости элемент — это контроллер прерываний GIC-400. Он имеет возможность распределять максимум 480 прерываний, которые может направлять в любое ядро в кластере используемых процессоров.

Схема архитектуры big.LITTLE



Применение архитектуры big.LITTLE способно сэкономить до 50% заряда аккумулятора.

В каких доработках, снижающих энергопотребление, больше всего нуждаются современные мобильные операционные системы?

Больше всего в доработках нуждается ОС Android. Открытость исходного кода привела к общему снижению качества из-за недостаточного профессионализма разработчиков, однако этот фактор и способствовал росту популярности операционной системы. Основная проблема этой ОС – модель многозадачности. Множество приложений работают в фоновом режиме даже тогда, когда это не нужно пользователю. Одно лишнее приложение потребляет в среднем 5% энергии аккумулятора.

В ОС Windows Phone многозадачность реализована качественнее, однако в ОС Windows Phone 8 и Windows Phone 10 реализация многозадачности стала схожей с её реализацией в ОС Android. Пользователи отмечают, что основная причина быстрой разрядки смартфонов на Windows Phone – многочисленные синхронизации, часть из которых нужна только на короткое время.

Наиболее эффективно с задачей экономии энергии справляется ОС iOS. Реализация многозадачности в ней не самая комфортная для пользователей, но это компенсируется тем, что приложения намного меньше работают в фоновом режиме. Разработчикам компании Apple, на продукции которой установлена эта операционная система, в первую очередь следует обратить внимание на расход энергии на аппаратную часть. Особенно обостряется проблема рационализации регулировки яркости в связи с ростом размера дисплея смартфонов.

Таблица №3

Самые актуальные проблемы современных мобильных ОС, препятствующие снижению энергопотребления

Проблема *ОС*	**Синхронизации**	**Модель многозадачности**	**Расходы на аппаратные средства**	**Код приложений**
Android				
Windows Phone				
iOS				

Если у пользователей ОС Android появится возможность закрывать приложения, выходя из них, это поможет экономить в среднем 25% энергии. Кроме того, эта ОС больше других нуждается в переходе на архитектуру big.LITTLE в связи с неэффективным кодом приложений. Доработка кода в соответствии с исследованиями университета Пердью сможет сократить энергопотребление на 30%.

ОС Windows Phone сможет сэкономить около 10% энергии, воспользовавшись технологией E-MiLi, разработанной исследователями из университета Мичигана.

Владельцы техники Apple заметят, что их гаджеты стали работать на 20-30% дольше, если разработчики предоставят им возможность регулировать яркость дисплея, а размеры дисплея перестанут расти.

Библиографический список:

1. http://3ppc.net/forum/showthread.php?t=9913
2. http://alexmak.net/blog/2012/01/10/ios-multitasking/
3. http://yablyk.com/novyj-vzglyad-na-mnogozadachnost-ios-so-scouter/
4. http://s-blog.org/?p=3072
5. http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24239313
6. http://w7phone.ru/kantar-statistika-prodazh-smartfonov-za-ii-kvartal-2013-goda-95593/
7. http://mygadget.su/2012/12/likbez-po-mobilnomu-zhelezu-protsessoryi/
8. http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2192/doc/58808/
9. http://www.obofon.ru/fujitsu-stanet-ispolzovat-arxitekturu-arm-big-little/

Пивикова Маргарита Сергеевна
Pivikova Margarita Sergeyevna
Ряполов Вадим Владимирович
Ryapolov Vadim Vladimirovich

магистранты 2 года обучения кафедры ММ СТИ НИТУ «МИСиС»
Firsovskaya Eugenia
Студентка 4 курса кафедры ММ СТИ НИТУ «МИСиС»
E-mail: ms.firsovskaya@mail.ru

Тимофеева Анна Стефановна
Timofeeva Anna Stefanovna
научн. руководитель, каф. ММ СТИ НИТУ «МИСиС»

УДК 669.168.054

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ

RESOURCE-SAVING BY PRODUCTION OF IRON ORE PELLETS

Аннотация: В настоящее время вопрос ресурсосбережения занимает одно из ключевых мест в металлургии. В данной статье рассматриваются технические решения по ресурсосбережению окатышей, такие как уменьшение отходов производства за счет улучшения комкуемости и прочностных свойств окатышей.

Abstract: Now the question of resource-saving occupies one of key places in metallurgy. In this article technical solutions on resource-saving of pellets, such as reduction of production wastes due to improving of a komkuyemost and strengthening properties of pellets are considered.

Ключевые слова: окатыши, бентонит, шихта, прочность, истирание,эксперименты

Key words: pellets, bentonite, furnace charge, durability, abrasion, experiments

В современном металлургическом производстве учитываются различные факторы, влияющие на качество получаемого металлургического продукта. Это во многом связано с тем, что возросла необходимость экономичного использования природных ресурсов. Для получения чугуна и стали используются полуфабрикаты металлургического производства – железорудные окатыши. Исследуя факторы, влияющие на качество окатышей, можно найти пути решения ресурсосбережения.

На качество железорудных окатышей оказывает влияние большое количество факторов: химический, фракционный составы концентрата, бентонита, влажность компонентов шихты, однородность железорудной смеси и прочее[1].

Для того чтобы уменьшить количество отходов при производстве окатышей необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы.

Технологическая схема получения окатышей представляет собой комбинацию двух этапов: формирование окатышей (гранул) путем окомкования влажных концентратов и вяжущих добавок (бентонит) на окомкователях и упрочнение гранул для придания окатышам прочности, необходимой для хранения, транспортировки.

Одним из главных факторов является прочность сырого окатыша.

Прочность сырых окатышей повышается с увеличением диаметра окатышей, скорости вращения окомкователя. Влияние влажности шихты, количества и типа связующего не является однозначным. При увеличении влажности до определенного значения наблюдается упрочнение сырых окатышей, после превышения этого значения прочность снижается. При производстве окатышей в качестве упрочняющей добавки применяются почти исключительно бентонитовые глины (в количестве 0,5–1,2 % от массы шихты), измельченные до крупности 75–90 % – 0,075 мм.

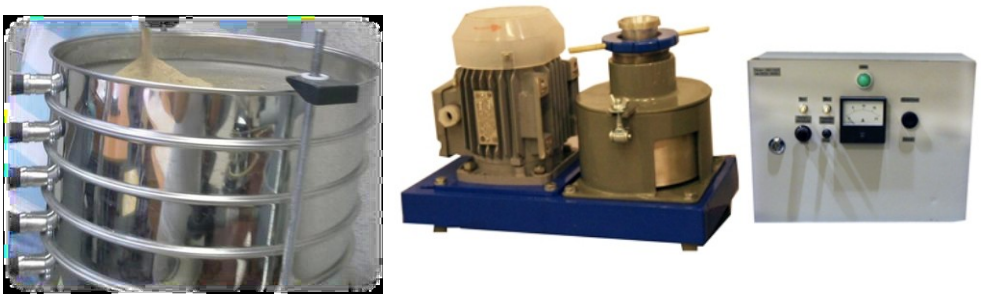
На качество бентонитов как связующей добавки в комкуемой шихте влияют многие факторы [2]. Основными критериями их качества являются: содержание монтмориллонита >85%, содержание мелкопелитовых частиц должно быть не менее 50% массы породы.

Главным составляющим бентонитовых глин является монтмориллонит. Монтмориллонит (иначе — наноглина) — глинистый минерал, относящийся к подклассу слоистых силикатов ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$) [1,с.101].

При стабильном качестве шихты процесс окомкования и качество сырых окатышей определяются режимом работы окомкователя. В случае отклонения качества концентрата и нестабильности шихты процесс окомкования следует регулировать с учетом факторов, влияющих на качество сырых окатышей.

Чтобы определить появление отходов при окомковании были проведены эксперименты по способу помола бентонита. В экспериментах использовали азербайджанский бентонит: один был измельчен в лаборатории экстракции черных металлов из природного и техногенного сырья (в дальнейшем бентонит №1) кафедры металлургии и металловедения СТИ НИТУ «МИСиС», второй помола фабрики окомкования (в дальнейшем бентонит №2)

Комовую глину подвергали грохочению на вибросите (рисунок 1), чтобы отобрать образцы более мелких фракций. Использовали сита с диаметрами 12, 8, 4, 2, 1 мм. Получившийся бентонитовый материал подсушивали, а затем подвергали истиранию в мельнице ЛДИ-65 (рисунок 2). Предварительно вычистили истиратель от второстепенных примесных частиц. После истирания бентонитовый порошок имел фракцию 0,3мм, аналогично заводскому.



А) Б)

Рисунок 1 - А) грохочение бентонита на вибросите; Б)истирание бентонита в мельнице ЛДИ-65

1 Способ подготовки шихты для окомкования

1.1 Масса пробы составляла 150 г из них 0,7% бентонита азербайджанского месторождения и концентрата 99,3% соответственно.

1.2 Концентрат и бентонит тщательно перемешивались и засыпались в чашевый окомкователь (рисунок 3).

После получения окатышей определялась их комкуемость и прочность.

2 Проведение испытаний на комкуемость и прочность окатышей.

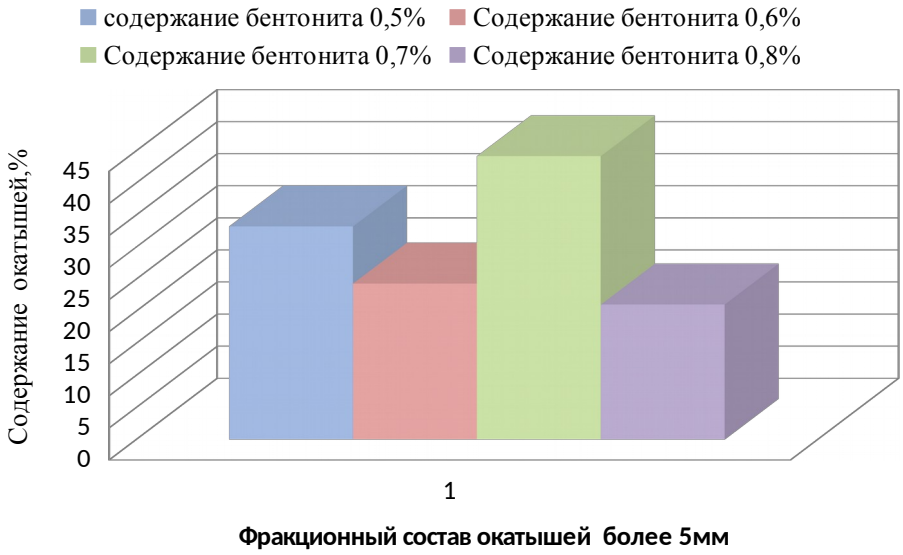
2.1 Соотношение концентрата и бентонита и их влажности соответствовали реальным условиям на производстве

Рисунок 3 – Окомкование шихты

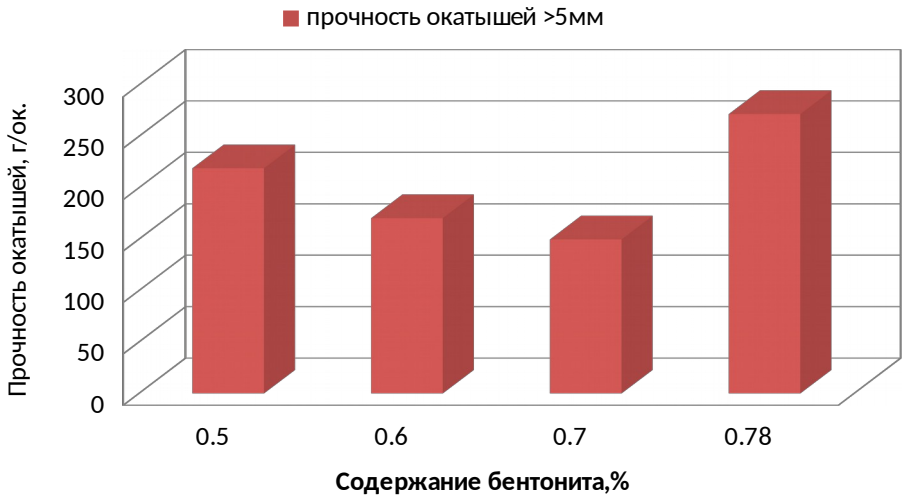
В результате экспериментов выяснено, что при использовании вычищенных предварительно мельниц комкуемость увеличивается на (40,2-28,2)%=12%.

Используя первый метод, мы увеличиваем на 12% использование концентрата, а следовательно, железорудного сырья.

Количество бентонита в составе шихты тоже влияет на ее комкуемость.Были проведены эксперименты по окомкованию и прочностным характеристикам окатышей при различном содержании бентонита. Все эксперименты проводились абсолютно ождинаково. Результаты эксперимента представлены на рис. 4 и 5.



Из результатов эксперимента видно, что содержание бентонита в окатышах оптимальное 0,78%,тогда выходит самая большая комкуемость, то есть минимальные потери сырья. Если говорить о прочности окатышей, то и прочность при этом содержании бентонита наибольшая



.

Значит для улучшения ресурсосбережения железорудного сырья необходимо при производстве окатышей подготовку бентонита проводить в очищенных мельницах и дробилках и содержание бентонита должно быть 0,78% в шихте.

Библиографический список:

1. Влияние активации бентонитовой глины на прочностные свойства окатышей Пивикова М.С.,VI Научно-техническая конференция АО «ОЭМК» стр. 5-6;

Ерзиков Александр Михайлович
Erzikov Aleksandr
Магистр/доцент
Кафедра теплотехники и энергетического машиностроения,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)
E-mail: scooter_sasha@mail.ru

Такмовцев Владимир Викторович
Takmovtsev Vladimir
к.т.н., доцент/доцент
Кафедра теплотехники и энергетического машиностроения,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)
E-mail: VVTakmovtsev@kai.ru

Филлипов Андрей Анатольевич
Fillipov Andrey
студент бакалавр
Кафедра теплотехники и энергетического машиностроения,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)

УДК 621.452

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

PERFORMANCE RELIABILITY IMPROVEMENT OF AIRCRAFT ENGINE TRIBOTECHNICAL ELEMENTS

Аннотация. В данной работе рассматриваются мероприятия, направленные на повышения надежности работы лабиринтных уплотнений и роторных подшипников качения, входящих в состав триботехнической системы авиационного двигателя.

Выполнен анализ причин, влияющих на отказы рабочих лопаток авиационных ГТД, связанные с перегревом и прогаром гребешков бандажной полки, которые являются одними из самых проблемных элементов рабочей лопатки. Представлен вариант тепловой защиты данного элемента лопатки с помощью выдува охладителя перед первым гребешком через наклонное отверстие. Рассмотрено использование лабиринтных уплотнений между ступенями турбины для разгрузки или наоборот дополнительной нагрузки подшипников, чтобы обеспечить их надежную работу.

Abstract. This paper considers the measures aimed at improving the performance reliability of labyrinth sealings and rotor rolling bearings that are part of the aircraft engine tribotechnical system.

The analysis of causes that influence the failures of the aviation GTE rotor blades connected with overheating and burnout of the combs of rotor blade platforms which are one of the most problematic elements of the rotor blade is performed. The variant of the thermal protection of the blade element using the blowing of cooler in front of the first comb through the angular hole is presented. The application of labyrinth sealings between the turbine stages for

unloading or vice versa additional loading of the bearings in order to ensure their safe operation is considered.

Ключевые слова: турбинная лопатка ГТД, лабиринтное уплотнение, бандажная полка, дросселирующий элемент, расход воздуха, надежность работы.

Keywords: Turbine blade of GTE, labyrinth sealing, blade platform, throttling element, air flow rate, performance reliability.

Введение

В современных авиационных ГТД применяются турбины с высокой температурой газа перед турбиной до 1900 К. Поэтому на передний план по степени важности выходит проблема эффективной тепловой защиты лопаток и повышения их ресурса. Одним из самых проблемных элементов рабочей турбинной лопатки ГТД является ее бандажная полка с уплотнительными гребешками, т.к. она имеет малую толщину и поэтому наиболее подвержена действию высоких температур. Для защиты бандажной полки рабочей лопатки турбины от действия горячего трактового газа, как правило, организуется выдув охладителя в зоне бандажной полки. В работе [1] представлен конструктивный вариант рабочей турбинной лопатки ГТД, в котором охладитель выдувается в отверстия, расположенные между гребешками на бандажной полке. Выдуваемый охладитель не только снижает температуру бандажной полки, но и препятствует перетеканию через зазор между гребешками полки и над роторной вставкой.

Недостатком такой конструкции является отсутствие охлаждения передней части первого гребешка, хотя данная зона первой попадает под воздействие горячего газа. Охлаждающий воздух выдувается в радиальный зазор за первым гребешком и в результате более теплонапряженный первый гребешок остается неохлажденным, его температура резко повышается, он может выйти из строя и лабиринт перестанет выполнять свои функции. Прогар, возникающий в результате перегрева гребешка, в значительной степени понижает эффективность работы бандажной полки как уплотнителя.

Для устранения этого дефекта в работе [2] предлагается осуществлять, выдув охладителя перед первым уплотнительным гребешком лабиринтного уплотнения первой ступени турбины высокого давления через отверстие, расположенное под определенным углом φ (см. рис. 1), обеспечивающим выдув и натекание охлаждающего воздуха на переднюю поверхность первого уплотнительного гребешка.

Охлаждаемая турбинная лопатка ГТД содержит полое перо *1*, замковое соединение елочного типа *2*, и бандажную полку *3* перед первым гребешком *4* которой располагается отверстие *5* под определенным углом φ, обеспечивающим натекание охлаждающего воздуха на переднюю поверхность гребешка и отверстие *6* для охлаждения бандажной полки *3* и второго *7* уплотнительного гребешка, находящееся между первым *4* и вторым *7* уплотнительными гребешками, расположенными в верхней части бандажной полки 3 и образующими ее внутреннюю полость. При такой конструкции охлаждается самое теплонапряженное место бандажной полки – первый гребешок. Кроме того, выдуваемый охладитель приводит к «запиранию» зазора между первым гребешком и над роторной вставкой. В этом зазоре из-за стесненности пространства в соответствии с законами газодинамики неизбежно будет образовываться застойная зона.

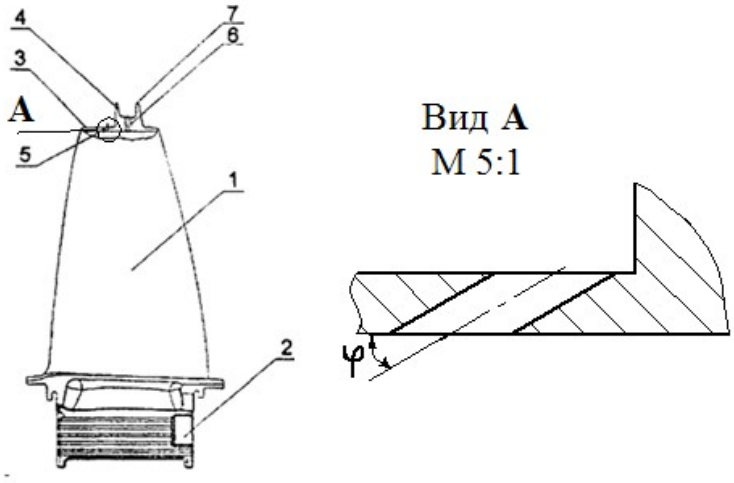


Рисунок 1 – Конструкция охлаждаемой турбинной лопатки ГТД [2].

Таким образом, преимущества данной конструкции заключается в более интенсивном охлаждении бандажной полки и ее самого теплонапряженного элемента – первого уплотнительного гребешка и в более эффективном снижении перетекания рабочего тела через гребешки полки из-за образующегося перед первым гребешком застойной зоны.

Результатом является снижение температуры полки в целом, повышается ресурс лопатки благодаря эффективной защите первого уплотнительного гребешка, а также достигается более эффективное снижение перетекания через гребешки.

К сожалению, в работе [2] не указана оптимальная величина угла φ, при которой при действующем перепаде давления во внутренней полости пера лопатки и газовым трактом обеспечивается максимальный расход охлаждающего воздуха. С этой целью в КНИТУ–КАИ имени А.Н. Туполева на кафедре Теплотехники и энергетического машиностроения проведен цикл экспериментального исследования по определению оптимального угла наклона отверстия, обеспечивающего подачу охлаждающего воздуха в зазор между уплотнительными гребешками и над роторной вставкой. С этой целью была создана модель, состоящая из двух пластин, между которыми был выполнен зазор Δr, представляющий собой разветвленный незамкнутый канал сложной формы, в которой под давлением подавалось рабочее тело через наклонный канал рис. 2. Величина зазора Δr = 1 мм, диаметр отверстия дросселя $d_{Д}$ = 1 мм, перепад давления на входе в отверстие $p_{ВХ} = (1,94...3,92) \cdot 10^5$ Па.

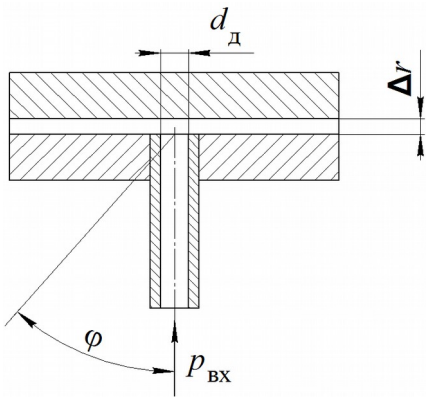


Рисунок 2 – Схема экспериментальной модели.

Важной задачей является выбор размеров и расположения отверстия, подающего охлаждающий воздух. Указанные факторы определяют расход охлаждающего воздуха подаваемого к гребешкам бандажной полки.

Представлены результаты экспериментального исследования изменения угла наклона оси канала, подводящего охлаждающий воздух, при трех значениях угла φ и различных давлениях на входе в наклонное отверстие.

В результате исследования получены расходные характеристики для каждого значения угла φ. Для удобства использования полученные результаты представлены в относительном виде. Изменение $\bar{Q}$ происходит в зависимости от угла φ = 0°…45°: так, при φ = 30° $\bar{Q} = \frac{\bar{Q}_{\text{при } \varphi=30}}{\bar{Q}_{\text{при } \varphi=0}} = 1,5$; а при φ = 45° $\bar{Q} = \frac{\bar{Q}_{\text{при } \varphi=45}}{\bar{Q}_{\text{при } \varphi=0}} = 2$.

Увеличение расхода охлаждающего воздуха при изменении угла φ объясняется следующим образом. В канале площадь проходного отверстия

$$F_{\text{отв}} = \pi R^2 = 0,785 \cdot 10^{-6}\ м^2 \tag{1}$$

Дросселирующим элементом является зазор между пластинами и диаметр отверстия. В реальной конструкции – зазор между гребешком и над роторной вставкой. Площадь распространения охлаждающего воздуха равняется:

$$F_0 = \pi d_{\text{Д}} \Delta r = 3,14 \cdot 10^{-6}\ м^2\ (\varphi = 0) \tag{2}$$

Если φ = 30°, то площадь растекания

$$F_{30} = L_{\text{эл}} \Delta r = 3,38 \cdot 10^{-6}\ м^2 \tag{3}$$

Здесь $L_{\text{эл}}$ – это длина эллипса $L_{\text{эл}} = \pi[1,5(a+b) - \sqrt{a*b}]$, где a и b – его оси. Аналогичным образом находится площадь распространения $F_{45} = 3,82 \cdot 10^{-6}\ м^2$. Площадь распространения охлаждающего воздуха от F_0 до F_{45} увеличивается в 1,22 раза и в результате с изменением угла наклона оси канала увеличится расход охлаждающего воздуха через отверстие перед первым гребешком лабиринтного уплотнения.

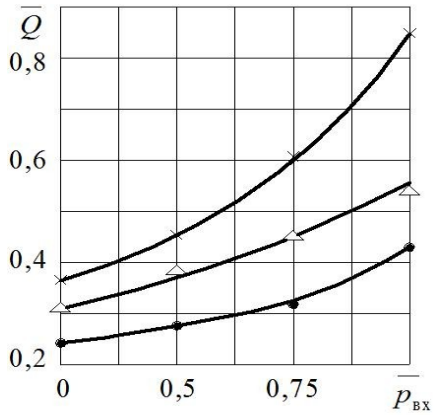


Рисунок 3 – Зависимость $\bar{Q}$ от $\bar{p}_{\text{вх}}$:
● – φ = 0°, Δ – φ = 30°, × – φ = 45°.

Зависимость относительного расхода охлаждающего воздуха $\bar{Q}$ от относительного давления на входе $\bar{p}_{\text{ВХ}} = \dfrac{p_{\text{ВХ}}}{p_{\text{ВХmax}}}$ приведена на рис. 3. При максимальном перепаде давления в дросселирующем элементе и φ = 45° относительный расход увеличивается на 91% по сравнению со значением при φ = 0° и на 53% – при φ = 30°.

Важной задачей является также обеспечение надежной работы опор авиационных ГТД, связанное с высокими скоростями вращения ротора, значительными динамическими и температурными нагрузками. В этой части работы рассматриваются подшипники качения, используемые в качестве опор роторов авиационных ГТД. Предполагается, что подшипники качения перспективных авиационных ГТД будут работать в диапазонах скоростного параметра $d \cdot n = (3\ldots4{,}2) \cdot 10^6$ мм·об/мин и температуры 423…593 К. Развитие этого процесса приводит к усложнению условий эксплуатации опорных узлов и снижению их основных показателей надежности: расчетной долговечности (L_h) и установленной безотказной наработки (*Ту*). Снижение L_h определяется в основном усталостью материала, из которого изготовлены элементы подшипника (тела качения, сепаратор, внутреннее и наружное кольца), под действием скорости вращения и нагрузок. Уменьшение *Ту* обусловлено работой подшипника качения в системе двигателя и зависит от многих факторов. По статистике 10…14% составляет досрочный съем двигателей с эксплуатации в связи с отказами системы смазки и подшипников. В связи с этим к авиационным подшипникам качения неприемлемо, принятое в общем машиностроении рассмотрение подшипников в отрыве от опорного узла и двигателя, где этот узел установлен. Таким образом, повышение надежности роторных авиационных подшипников качения в широком диапазоне оборотов и нагрузок является актуальной задачей. Важные этапы решения этой задачи: обобщение опыта доводки роторных подшипников качения в системе двигателя; исследование причин отказов подшипников; разработка рекомендаций по устранению дефектов и совершенствованию конструктивного облика опорных узлов [3].

Для определения ресурса авиационных подшипников, в течение которого изготовитель гарантирует их безотказную работу при соблюдении условий транспортировки, хранения, монтажа и эксплуатации служит критерий установленной безотказной наработки *Ту*. Он представляет собой минимальное значение наработки, при которой отсутствуют дефекты, влияющие на разрушение подшипника. Величина этого критерия зависит от целой гаммы факторов и определяет работоспособность подшипников.

Следует отметить, что многие факторы прямо или косвенно связаны между собой и могут оказывать взаимное влияние, особенно при высоких скоростях вращения ротора. Динамика их развития зависит от технологичности опор, конструкции подшипников, режимов работы и особенностей эксплуатации двигателя. Знание этих факторов особенно важно на стадии проектирования и доводки авиационных двигателей, так как только съем одного двигателя с эксплуатации или замена подшипников с выявленным дефектом является очень дорогостоящим процессом.

В современных и зарубежных авиационных ГТД наиболее часто встречаются следующие дефекты роторных авиационных подшипников качения: "перекос колец" в тяжело нагруженных радиально-упорных шариковых подшипниках и "проскальзывание" в легко нагруженных межвальных роликовых подшипниках.

Опоры современных ГТД включают в себя упругодемпферные элементы, образуя при этом совмещенные опоры (СОП). Рациональная конструкция СОП позволяет с одной стороны, уменьшить вибрации двигателя (до 60%), с другой стороны повысить *Ту* подшипника качения. Однако вторая сторона вопроса изучена недостаточно.

В современных ГТД для сокращения осевого размера двигателя используются межвальные роликовые подшипники качения. Подшипники этого типа устанавливаются в задней опоре двигателей семейства НК и воспринимают только сравнительно небольшие

радиальные нагрузки. Трехступенчатая турбина одного из этих двигателей с задней опорой показана на рис.4. Первая ступень турбины состоит из рабочих лопаток *1* и диска *2*, закрепленного на валу *3* компрессора высокого давления. Вторая и третья ступени турбины состоят из рабочих лопаток *4*, двух дисков *5* и *6*, закрепленных на валу *7* компрессора низкого давления.

Статор турбины состоит из корпуса *12*, сопловых аппаратов *13* и лабиринтных уплотнений I...III, разделяющих рабочие полости между ступенями турбины. Уплотнения I…III могут изготавливаться различной конструкции, одна из которых представлена на рис.5. Особенности этой конструкции и целесообразность ее применения описаны ниже.

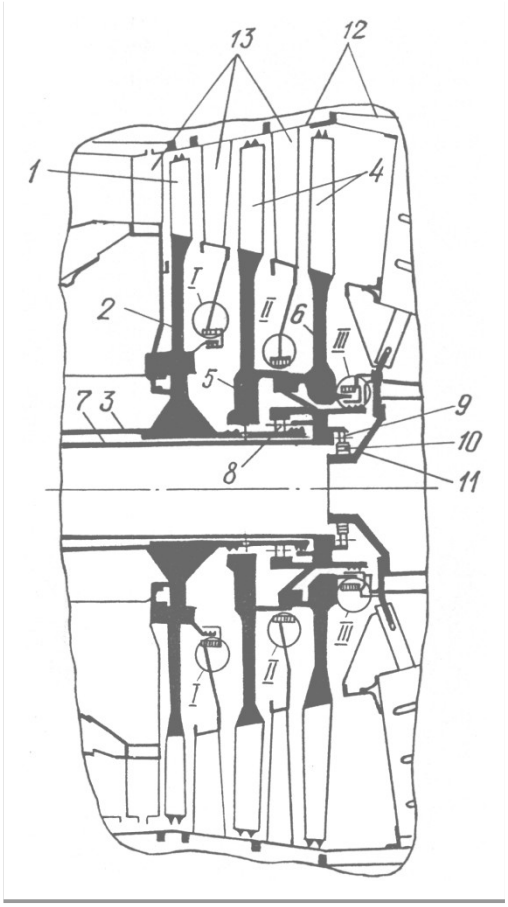


Рис.4. Турбина авиационного ГТД семейства НК

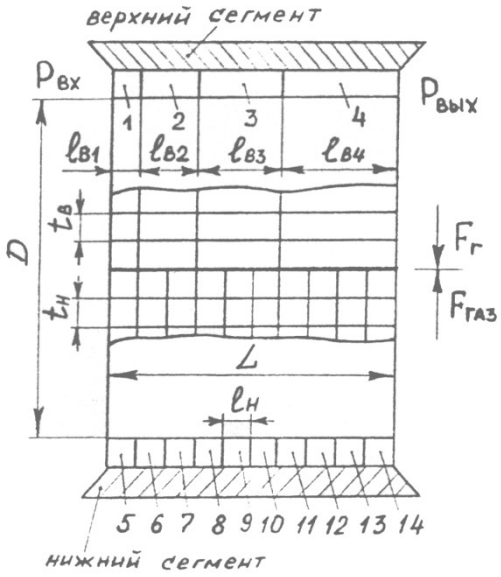


Рис.5. Лабиринтное уплотнение с газостатической разгрузкой

Задняя опора двигателя представляет собой СОП сложной конструкции, состоящей из радиальных межвального легконагруженного *8* и основного *9* роликовых подшипников, последний из которых установлен на упругодемпферных элементах *10*, смонтированных на неподвижном элементе статора *11*. Задняя опора обеспечивает соосность между валами *3* и *7*, а также восприятие радиальных нагрузок, обусловленных гравитационными силами и вибрациями элементов двигателя. Радиальная нагрузка с ротора КВД передается через межвальный роликовый подшипник *8* на ротор КНД. Суммарная радиальная нагрузка роторов воспринимается основным роликовым подшипником *9*.

При такой конструкции опоры межвальный роликовый подшипник работает в наиболее тяжелых условиях. На различных двигателях существовали случаи выхода его из строя. Причиной отказов межвальных роликовых подшипников явилось выкрашивание роликов из-за проскальзывания сепаратора и роликов относительно дорожек качения колец подшипника.

Большинство исследований по изучению проскальзывания связано с выявлением влияния отдельных факторов (*Gr*, нагрузки, вязкость смазки и т.д.) на работу подшипников. Причем исследования подшипников, как правило, проводились на специальных стендах отдельно от двигателя. Только при испытаниях подшипника в системе двигателя комплексно учитываются все факторы, влияющие на *Ту* межвальных роликовых подшипников.

Обычно доводка подшипников данного типа по *Ту* идет по двум взаимосвязанным направлениям. Анализируются факторы, оказывающие влияние на работу опор ротора и обусловленные конструкцией двигателя и подшипника, а также условиями их эксплуатации. В зависимости от конструкции двигателя оцениваются: дисбаланс ротора, гироскопический момент, температурные деформации ротора и статора, конструктивные способы регулирования нагрузок на опору. Анализ конструкции подшипника включает в себя оценку его геометрии и условий работы. Основной показатель, характеризующий работоспособность межвального роликового подшипника и связанный с его геометрией, - величина радиального зазора *Gr* в подшипнике.

Условия работы подшипника в системе авиационного двигателя оцениваются по следующим факторам: по величине нагрузки, действующей на опору (регулируется числом роликов), по скоростному параметру ($d \cdot n$), по продолжительности работы подшипника (возникновение нестационарности процесса), по температуре масла и материалов элементов подшипника, по вязкости масла.

В результате действия отдельных, выше перечисленных факторов или их совокупности в межвальном роликовом подшипнике возможно возникновение проскальзывания подвижных элементов подшипника относительно дорожек его колец, а также разрушение масляного слоя в контакте ролик-кольцо. Появление этого дефекта сопровождается повышенным износом элементов межвального роликового подшипника, что влечет за собой резкое снижение его *Ту*.

Рассмотрим воздействие на *Ту* межвальных роликовых подшипников наиболее характерных факторов: радиального монтажного зазора *Gr.m* и числа роликов *Z*.

При эксплуатации двигателей семейства НК в суровых климатических условиях было установлено, что низкие температуры окружающей среды оказывают существенное влияние на величину проскальзывания в межвальных роликовых подшипниках.

Особенно сильно это дефект проявляется в моменты запуска двигателя (высокая вязкость смазки). Это явление изучалось на специальной установке. Захолаживание осуществлялось двумя способами: либо с помощью жидкого аргона, либо с помощью сухого льда и обдува подшипника воздухом. В обоих случаях контролировалась температура захолаживания *T*з. В этих экспериментах исследовалось также влияние *Gr.m* и нагрузки *Fr* (за счет изменения *Z*) на проскальзывание. Результаты опытного исследования представлены в таблице 1.

Анализ показывает, что увеличение *Gr.m* в два раза в такой же пропорции уменьшает величину следа проскальзывания. Увеличение *Fr* за счет уменьшения *Z* в два раза при *Gr.m* = 0,7 · 10-3м привело к отсутствию проскальзывания. Сильное влияние *Gr.m* на проскальзывание подтверждается также статистическими данными. Так из 65 двигателей, поступивших в ремонт, на 24 (~35%) из них межвальный роликовый подшипник имел следы проскальзывания. По существующим *Ту* допускается изменение величины *Gr.m* в пределах (0,056...0,090) · 10-3м. Из 24 двигателей на 20 (более 80%) величина указанного зазора превышала 0,07 · 10-3м.

Таблица 1

Влияние конструктивного и температурного факторов на проскальзывание в межвальных роликовых подшипниках

Подшипник роликовый	Z	*Gr.m* ×10-3м	*T*з (оС)	Кол-во запусков	Состояние подшипника
6-2672934Р4У	32	0,09	- 35	3	След проскальзывания 4÷5мм
6-2672934Р4	32	0,043	- 40	3	След проскальзывания 23мм
6-2672934Р4У	16	0,07	- 40	3	Проскальзывание отсутствует

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что уменьшения проскальзывания роликов в сепараторе можно достигнуть снижая максимальную величину *Gr.m* и увеличивая нагрузку *Fr*, действующую на подшипник, путем уменьшения *Z*. Однако, уменьшение *Z* должно сочетаться с анализом работы подшипникового узла в системе двигателя и учитывать влияние перекоса осей роторов каскада высокого и низкого давления, дисбаланса. Поэтому было принято решение об уменьшении величины *Gr.m*. С этой целью роликовый подшипник 6-2672934Р3 с *Gr.m* = (0.08...0,12) · 10-3м был заменен на подшипник 6-2672934Р4 с меньшей величиной *Gr.m* =(0,056...0,090) · 10-3м.

Эксперименты показали, что заданные значения *Ty* стенд. межвальных роликовых подшипников обеспечиваются при *Gr.m* = (0,056...0,065) · 10-3 м. Рост *Gr.m* до значений (0.085...0.090) · 10-3 м может привести в отдельных двигателях к резкому снижению *Ty* стенд. (до 100 час) и быстрому выходу подшипника из строя.

Эффект от внедрения указанных мероприятий проверялся с помощью стендовых эквивалентно-циклических испытаний (ЭЦИ). Результаты доводки межвальных роликовых подшипников представлены в виде зависимости *Ty* стенд = *f*(*Gr.m*) на рис. 6.

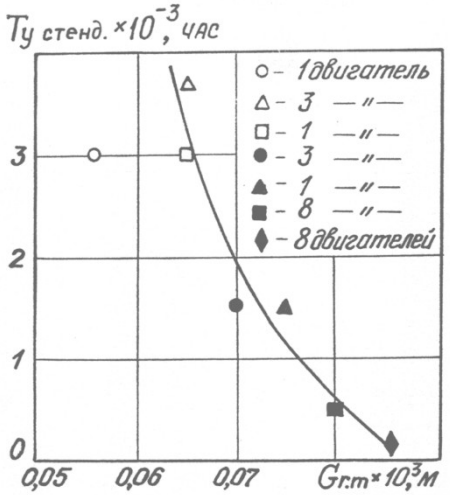


Рис.6. Результаты доводки по *Ty* стенд. межвальных роликовых подшипников

Легко нагруженные межвальные роликовые подшипники испытывают циклические нагрузки. Основное влияние на их *Ty* оказывают условия работы на переменных режимах двигателя. В результате стендовых ЭЦИ были определены коэффициенты эквивалентности $K'_э$ для подшипников этого типа

$$K'_э = \frac{N_{цикл.стенд.}}{N_{цикл.экспл.}}, \qquad (4)$$

где $N_{цикл.стенд.}$ и $N_{цикл.экспл.}$ – количество циклов при стендовых ЭЦИ и эксплуатации.

Зная коэффициенты $K'_э$ можно определить величину установленной безотказной наработки межвальных роликовых подшипников в эксплуатации

$$Ty_{\text{экспл.}} = K'_э \cdot Ty_{\text{стенд.}}, \text{ час} \qquad (5)$$

Для подшипников этого типа величина $Ty_{\text{экспл.}}$ в современных авиационных ГТД достигает порядка 10000 часов.

Таким образом, для увеличения *Ty* межвального роликового подшипника задней опоры ГТД необходим разумный компромисс при выборе геометрии зон трения (изменение *Gr.m*) и нагрузок, действующих на подшипник при работе двигателя. При этом необходимо учитывать, что изменение величин *Fr* может сказаться на *Ty* основного радиального роликового подшипника *9* (рис. 4) задней опоры ГТД. При работе двигателя под действием гравитационной силы и вибрационных нагрузок происходит деформация упругих элементов *10* демпфера и повышается жесткость опоры. В результате ухудшаются амплитудно-частотные характеристики ротора турбины.

Для устранения этого явления в состав СОП (задняя опора ГТД) могут быть включены лабиринтные уплотнения I-III специальной конструкции (рис.5). Лабиринтное уплотнение выполняется в виде разрезного кольца, состоящего из двух одинаковых по площади сегментов ″верхнего" и "нижнего". На внутренней поверхности сегментов, обращенных к ротору, выполнены ребра, имеющие сотовое расположение. Лабиринтное уплотнение жестко установлено и закреплено в кольцевой проточке в корпусе статора. На рисунке 5 обозначено: *D* и *L* – диаметр и осевая длина лабиринтного уплотнения; *1…4* – лабиринтные камеры верхнего сегмента; *5…14* – лабиринтные камеры нижнего сегмента; $l_{в1}…l_{в4}$ – расстояние между ребрами верхнего сегмента в осевом направлении; $l_н$ – расстояние между ребрами нижнего сегмента в осевом направлении; $t_в = t_н$ – шаг между ребрами сегментов в окружном направлении; $P_{вх}$ и $P_{вых}$ – давление на входе и выходе из лабиринтного уплотнения; $F_{газ}$ – газостатическая сила, возникающая в уплотнении.

Основной отличительной особенностью предлагаемой конструкции лабиринтного уплотнения является то, что расстояние *t* и *l* между ребрами сегментов в окружном и осевом направлениях различно. В окружном направлении как у верхнего, так и у нижнего сегментов $t = t_в = t_н$. В тоже время расстояние *l* между ребрами в осевом направлении не остается постоянным. В зависимости от того, какая цель преследуется, в конструкции опоры (разгрузка или дополнительное нагружение подшипников) изменяется густота сот в осевом направлении у нижнего или верхнего сегментов. При разгрузке основного роликового подшипника *9* (рис. 4) расстояние $l_{вi}$ между ребрами верхнего сегмента, расположенного в направлении противоположном действию гравитационной силы, можно определить по формуле

$$l_{вi} = (1+n)t \leq 0{,}5L, \qquad (6)$$

где, *n* – числа нормального ряда.

При работе турбины в сопловых аппаратах и рабочих лопатках происходит преобразование энергии сгорания топлива в кинетическую энергию реактивной струи и механическую работу на валу двигателя. Часть рабочего газа после каждой ступени турбины попадает в лабиринтные уплотнения I…III. В одном или нескольких лабиринтных уплотнениях данной конструкции происходит преобразование энергии газа в газостатическую силу $F_{газ}$ в результате создания неравномерности давления в лабиринтных камерах верхнего и нижнего сегментов. Направление действия $F_{газ}$ противоположено

направлению действия гравитационной силы при разгрузке опоры или совпадает с ней, если требуется увеличить *Fr*, действующую на подшипники задней опоры ГТД. Следует отметить, что разгрузка задней опоры происходит последовательно во всех лабиринтных уплотнениях данной конструкции от ступени к ступени по направлению движения газа. Аналогично происходит и процесс нагружения задней опоры. Варьируя величинами *t* и *l* можно подобрать требуемое значение $F_{газ}$. При выборе $F_{газ}$ необходим разумный компромисс, позволяющий обеспечивать $F_{газ}$ достаточную для нормальной работы межвального *8* и основного *9* роликовых подшипников (рис. 4) задней опоры ГТД. Для надежной работы упруго-демпферной опоры (подшипник *9* плюс демпфирующие элементы *10*) достаточна частичная разгрузка её от действия *Fr* до величин, при которых не происходит существенного изменения жесткости опоры и не нарушаются её амплитудно-частотные характеристики.

На данную конструкцию турбины авиационного двигателя получен патент на изобретение [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные экспериментальные данные показывают существенный прирост расхода охлаждающего воздуха с увеличением угла φ. Кроме того, выдув охлаждающего воздуха через отверстие под углом 45° позволяет обеспечить наиболее эффективное охлаждение передней части первого гребешка лабиринтного уплотнения и избежать отказов, связанных с перегревом данного элемента и его прогаром. Дальнейшее увеличение угла φ приводит к выдуву охлаждающего воздуха в корневую часть гребешка, что снижает эффективность охлаждения.

Используя указанные лабиринтные уплотнения можно создать частичную разгрузку задней упруго-демпферной опоры ГТД, чтобы обеспечить ее надежную работу и увеличение *Ty* межвального роликового подшипника задней опоры ГТД

Библиографический список:

1. Скубачевский Г.Н. Авиационные газотурбинные двигатели. – М: Машиностроение, 1974, 520 с.

2. Полезная модель. Охлаждаемая лопатка турбины газотурбинного двигателя / С.Е. Белова // Заявка № 2012107349, дата подачи 28.02.2012 г. Патент РФ на полезную модель № 117976. Патентообладатель: ФГБОУ ВПО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева»; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19.

3. Горюнов Л.В., Такмовцев В.В., Бурлаков Л.И. Доводка опор роторов авиационных ГТД: Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. – К: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2000. 46 с.

4. Патент N2028460 РФ. Роспатент. Турбина газотурбинного двигателя / Л.И.Бурлаков, Л.В.Горюнов, В.В.Такмовцев. опубл. БИ N16. 1993.

5. Горюнов Л.В., Такмовцев В.В., Терещенко Ю.В., Игнатьев Д.В., Ерзиков А.М., Особенности течения смазки в радиальных подшипниках скольжения. Изв. Вузов. Авиационная техника. 2007. №1. С. 73-75.

6. Ерзиков А.М., Такмовцев В.В., Ильюшкин Н.А., Повышение надежности силовых установок для наземного применения. Евразийское Научное Объединение, 2016. Т. 1. № 3 (15). С. 48-50.

7. Понькин В.Н., Такмовцев В.В., Ерзиков А.М., Ильюшкин Н.А. Доводка по надежности агрегатных подшипников авиационных ГТД, сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 2016. С. 156-161.

Ерзиков Александр Михайлович
Erzikov Aleksandr

Магистр/доцент
Кафедра теплотехники и энергетического машиностроения,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)
E-mail: scooter_sasha@mail.ru

Такмовцев Владимир Викторович
Takmovtsev Vladimir
к.т.н., доцент/доцент

Кафедра теплотехники и энергетического машиностроения,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10
E-mail: VVTakmovtsev@kai.ru

Латыпов Арсен Рустемович
Latypov Arsen

студент бакалавр
Кафедра теплотехники и энергетического машиностроения,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)

УДК 621.822

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МИКРОКАНАЛЬНОГО ЖИДКОСТНОГО СМАЗЫВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАШИН

COMPUTATIONAL STUDY OF MICROCHANNEL FLUID LUBRICATION SYSTEM OF JOURNAL BEARING ELEMENTS OF ENERGY TRANSFORMING MACHINES

Аннотация. Представлены результаты исследования течения смазки в микроканалах сложной формы подшипников скольжения. Установлено влияние геометрии подшипника и вращения вала на нарушение сплошности смазочной пленки.

Используя программный пакет Fluent и метод конечных элементов выполнено расчетное исследование течения смазки в системе микроканалов, образующих гидравлический тракт подшипника скольжения, при использовании его в качестве опоры ротора энергетической машины. При выполнении расчетов были использованы граничные условия, сформированные в результате эксперимента. Сравнение полученных расчетных и экспериментальных данных показало их хорошую сходимость.

Abstract. The study results of lubricant flow in the microchannels of irregular shape of journal bearings are presented. The influence of the bearing geometry and shaft rotation on continuity violation of the lubricant film is found.

Using Fluent software package and finite element method the computational study of lubricant flow in the microchannels system forming the hydraulic path of a journal bearing when it is used as a rotor bearing of the energy transforming machine is performed. Boundary conditions obtained during the experimental study were used for calculations. Comparison of the obtained calculated and experimental data showed their good agreement.

Ключевые слова: Подшипник скольжения, подвод масла, каналы сложной формы, камера подшипника, расход масла, расчетное исследование, граничные условия, разрыв смазочной пленки.

Keywords: Journal bearing, oil supply, channels of irregular shape, bearing chamber, oil flow rate, computational study, boundary conditions, rupture of the lubricant film.

Введение

Каналы сложной формы применяются в системах охлаждения и триботехнических системах энергетических машин. Камеры, образованные каналами сложной формы на рабочих поверхностях внутри элементов конструкции и на их внешних поверхностях используются с целью повысить эффективность работы этих систем. Разработка численного моделирования течения смазки в системе микроканального жидкостного смазывания является крайне сложной задачей, потому что гидродинамика этих процессов зависит от различных факторов (геометрии каналов, скорости вращения вала, температуры, скорости потока, давления, вязкости рабочего тела и т. д.). Для определения реальной картины течения целесообразно использовать экспериментальное исследование полей давления, скорости и температуры, совместно с визуализацией процессов течения.

Радиальные подшипники скольжения (ПС) применяются в качестве опор в стационарных тепловых двигателях и энергетических установках с большим ресурсом работы роторов. В данной работе рассматриваются радиальные гидростатические (ГСП) и гидродинамические (ГДП) подшипники скольжения с каналами сложной формы (камерами) на их рабочей поверхности. За счёт усложнения конфигурации рабочей поверхности ПС данного типа с камерами можно усилить демпфирующую способность опор ротора и обеспечить центровку вала в опорах. Эти свойства ПС становятся наиболее полезными при росте быстроходности энергетических машин.

В данной работе рассматривается два варианта каналов сложной формы. Первый – это наиболее распространенный вариант, в котором реализован точечный подвод (далее по тексту – КСФ № 1), включающий входной капилляр (дросселирующее устройство), выполненный в нижней пластине, через который под давлением в образованный между нижней и верхней пластиной рабочий зазор δ подается рабочее тело. Рабочее тело после прохождения капилляра, ударяясь о верхнюю пластину, поворачивает на 90° и, растекаясь по рабочему зазору, движется в направлении выходных торцов.

Второй вариант представляет собой более сложный канал сложной формы, имеющий в нижней пластине камеру прямоугольной формы, с центральным точечным подводом рабочего тела под давлением (далее по тексту – КСФ № 2). Благодаря камере создается гидростатический эффект, однако, создается неравномерность распределения давления по длине камеры, поскольку объем камеры значительно превышает площадь проходного сечения капилляра и высоту рабочего зазора между пластинами, а также появляются зоны пониженного давления в ней и на её границах. Результатом данных явлений служит появление возвратных течений из рабочего зазора между пластинами в камеру.

Один из важнейших факторов, влияющих на процессы течения смазки в элементах ПС, является вращение вала. Под его воздействием происходит перераспределение

давления в камерах и на рабочей поверхности ПС, что приводит к возникновению разрывов смазочной пленки, снижению устойчивости работы опор при высоких окружных скоростях и уменьшению их несущей способности. Малое количество работ по исследованию данных процессов в современной теории гидродинамической смазки указывает на недостаточную их изученность и, следовательно, их экспериментальное и теоретическое исследование является актуальной задачей.

Радиальные подшипники скольжения были использованы для исследования гидродинамики в каналах сложной формы. КСФ № 1 изучался на гидродинамическом подшипнике скольжения. Гидростатический подшипник скольжения (ГСП), использовался для исследования течения жидкости в КСФ № 2. Основные параметры исследованных радиальных подшипников представлены в таблице 1 [2].

Таблица 1

Параметры исследованных подшипников скольжения.

Подшипник	Рабочее тело	D, мм	L, мм	δ мм	$P_{вх}$, КПа	$t_{вх}$, К	u, м/с
ПС	масло машинное ТП-22	95	150	0,18	98.1...392	291...300	≤ 20
ГСП	вода	190	210	0,1...0,25	98.1...392	291...298	≤ 50

Эксперименты выполнялись на кафедре «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели» КНИТУ им. А.Н. Туполева на стенде, позволяющем изучать процессы течения смазки в элементах радиальных ГСП и ГДП, конструктивные схемы которых показаны на рис. 1. При проведении экспериментов замерялись поля давления, тепловые режимы, расходных характеристик и скорость вращения вала. На стенде также были проведены и качественные исследования с помощью визуализации. На базе экспериментального исследования были определены граничные условия для расчетов процессов течения смазки в КСФ № 1 и КСФ № 2. В качестве граничных условий на входе в эти каналы использовались значения статического давления, замеренного на рабочей поверхности нижней и верхней пластин, в том числе и на границах одной или несколько камер.

Возможности стенда позволяли проводить проливки отдельного модуля и всего подшипника в целом при различных скоростях вращения вала и эксцентриситетах. В том числе моделировались условия $\varepsilon = e/\delta = 0$ и $u = U_м = 0$. Характеристики применяемого на стенде измерительного оборудования соответствовали современным требованиям проведения теплофизических экспериментов [1].

Корпус радиального ГПС (рис. 1, а) имел диаметр $D = 190 \cdot 10^{-3}$ м и устанавливался относительно вала либо концентрично, либо с эксцентриситетом, то есть смещался относительно этого положения. Окружные скорости вала изменялись в диапазоне $0 \le U \le$ 50м/с. В качестве рабочей жидкости использовалась вода с температурой t = (291...298) К. Давление на входе в подшипник составляло $P_{вх}$ = (0,0981...0,392) МПа. Диапазон рабочих зазоров в модуле и радиальном ГСП принимался $\delta = (0{,}1...0{,}25) \cdot 10^{-3}$м. Следует отметить, что выбранный диаметр исследуемого ГСП был близок к реальным используемым размерам валов в серийных энергетических машинах. Применение маловязкой среды в качестве рабочей жидкости наиболее характерно для подшипников данного класса. В то же время работа ГСП на воде позволяет обеспечить проведение экологически чистого эксперимента [1].

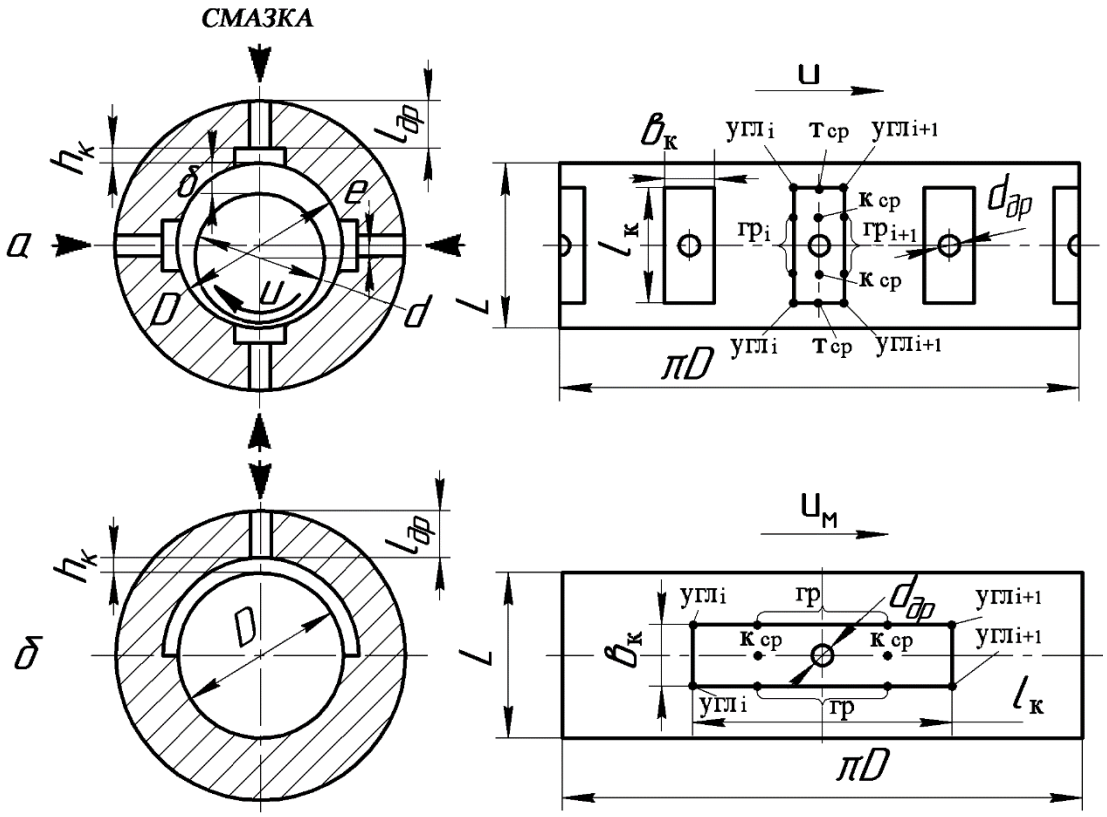


Рис.1. Рассматриваемые радиальные ПС:
а - ГСП; б - ГДП;
D – диаметр подшипника; *L* –длина подшипника $d_{др}$, – диаметр дросселирующего элемента; $l_{др}$ – длина дросселирующего элемента, $в_к$, $l_к$, $h_к$ - ширина, длина и глубина камер; *d* – диаметр вала; *e* – эксцентриситет; δ – радиальный зазор между подшипником и валом

В верхней половине корпуса исследованного ГДП (D = $95 \cdot 10^{-3}$ м) на рабочей поверхности в средней плоскости сечения была выполнена камера ($l_к = 149,2 \cdot 10^{-3}$м, $в_к = 8 \cdot 10^{-3}$) в окружном направлении (рис.1, *б*). Смазка в камеру подавалась через дросселирующий элемент, расположенный в ее центре. Диапазон изменения радиального зазора между подшипником и валом δ = (0,03…0,10) · 10^{-3} м. Окружная скорость $U_м$ при работе ГДП изменялась от нуля до $U_{м_{мах}}$ = 10 м/с. В качестве рабочей жидкости использовалось машинное масло с температурой на входе в подшипник *t* = 18…25 ºС. Область применения исследованных ГДП – коренные и шатунные подшипники коленчатых валов транспортных дизельных двигателей.

В процессе проведения экспериментов на ГСП и ГДП, работающих на воде и масле, было установлено, что основными факторами, влияющими на процессы течения смазки в них, являются сложная геометрия каналов гидравлического тракта подшипника и вращение вала. Интенсивность влияния сложной геометрии повышается, если на рабочей поверхности ПС выполняются камеры. Даже при отсутствии вращения в камерах ГСП (рис.1, *а*) существует градиент давления по ее длине и высоте с максимумом над местом подвода. Расхождение между величинами давления над местом подвода и у торцов камер может достигать 10…30 %. Неравномерное распределение давления по длине камер приводит к появлению возвратных течений с рабочей поверхности в камеры и нарушению смазочного слоя в углах камер (в точках угл $_{i+1}$ на рис.1, *а*, *б*) , где соединяются расходные

потоки, выходящие из камеры на рабочую поверхность ПС, и окружной поток, обусловленный влиянием вращения вала [3].

В результате экспериментальных исследований ПС с камерами на их рабочей поверхности был сформирован банк данных по граничным условиям для расчета подшипников данного типа. Полученный банк данных был использован в разработанном методе расчета основных характеристик ПС [4, 5], который учитывает влияние сложной геометрии гидравлических каналов и вращения вала – ведущих факторов, вызывающих разрывы смазочной пленки на рабочей поверхности ПС, возникновение колебаний в несущем слое смазки и снижение эффективности работы подшипников данного типа.

На рис. 2 представлены результаты расчета четырехкамерного ГСП, на рабочей поверхности которого показаны изобары, линии тока и зоны разрыва смазочной пленки в углах камер. Также на этом рисунке показаны значения относительного расхода жидкости $\overline{Q}_{Ti} = Q_{Ti}/Q_{\Sigma}$ из каждой камеры в торец ГСП при относительном эксцентриситете $\varepsilon = e/\delta = 0{,}3$. Здесь Q_{Ti} – расход смазки через торец i-ой камеры, Q_{Σ} - расход смазки через весь ГСП.

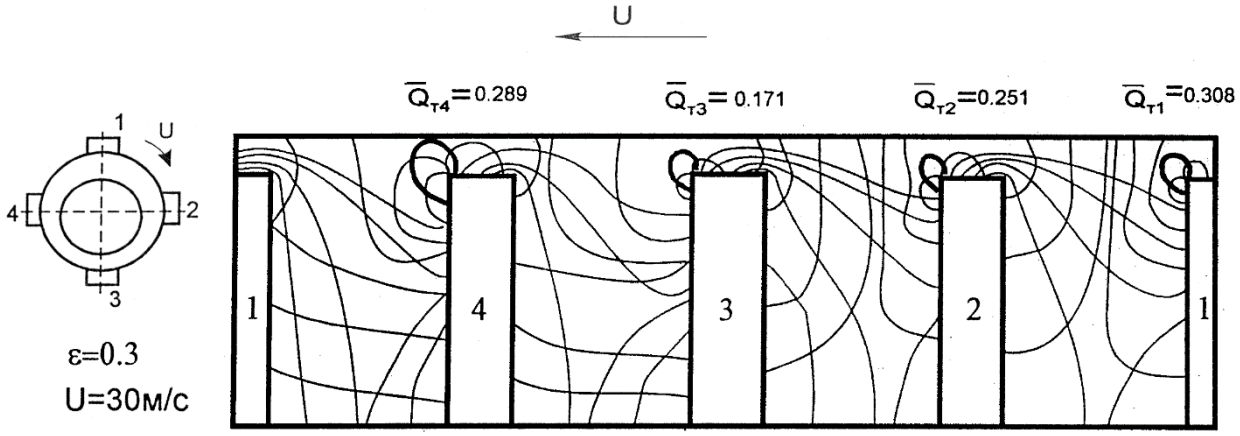


Рис. 2. Образование в углах камер на рабочей поверхности ГСП зон разрыва смазочной пленки

На рис. 2 хорошо видно, что зона разрыва смазочной пленки, образовавшаяся в угле камеры № 4 на рабочей поверхности ГСП, практически смыкается с его торцом, что открывает возможность подсоса воздуха из окружающей среды в эту камеру. В результате в камере № 4 могут возникать явления кавитации и колебания смазочного слоя.

При определении основных параметров радиальных ГСП: несущей способности – W; расхода смазки через подшипник – Q; мощности, затраченной на трение, – $N_{ТР}$ вводится коэффициент разрыва смазочной пленки $K_Р = S_{р\leq 0} / S_р$, равный отношению площадей, занимаемых зонами разрыва на рабочей поверхности ГСП, и площадей, свободными от них. Предлагается использовать следующие зависимости при определении основных параметров ГСП: $Q_{разр} = (1- K_р)\, Q^{III}_{вых}$; $W_{разр} = (1-K_р)W$; $N_{ТР.разр} = (1 - K_р)N_{ТР}$.

Следует отметить, что значение коэффициента $K_р$ существенно зависит от скорости вращения вала и геометрии гидравлических каналов подшипника. Установлено, что площадь зон разрыва на рабочей поверхности ГСП возрастает при увеличении скорости вращения вала. Значения $N_{тр}$ определялись по методике [1].

Разработанная методика расчета радиальных ГСП была реализована в виде вычислительной программы для IBM PC. Она позволяет при расчете радиальных ГСП учитывать изменение геометрии их основных элементов, влияние эксцентриситета, изменение скорости вращения вала и нарушение сплошности смазочной пленки. С помощью программы можно построить графические картины течения (изобары и линии тока), определить граничные линии тока и зоны разрыва.

Ниже представлены результаты расчета четырехкамерного радиального ГСП (рис. 1, *а*) при $\varepsilon = 0{,}3$ с использованием этой программы.

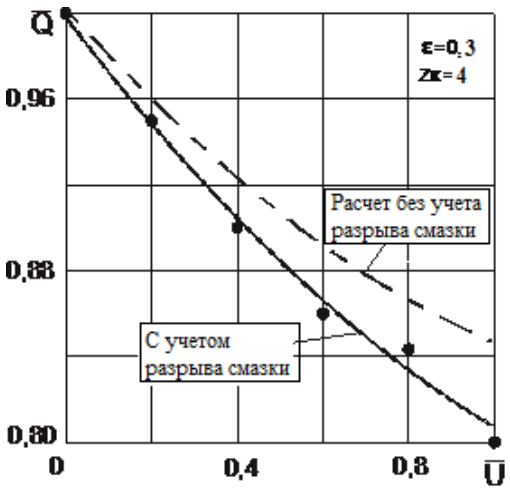


Рис. 3. Расходная характеристика ГСП

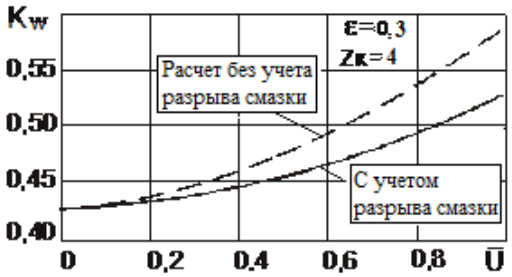


Рис. 4. Нагрузочная характеристика ГСП

При анализе расходной характеристики $\overline{Q} = f(\overline{U})$, представленной на рис. 3, где $\overline{Q} = Q / Q_{U=0}$ и $\overline{U} = U/U_{max}$, и нагрузочной характеристики $K_W = f(\overline{U})$, показанной на рис. 4, где $K_W = W/(p_{BX}DL)$ – коэффициент несущей способности, p_{BX} – давление на входе в ГСП, установлено следующее. С ростом $\overline{U} = U/U_{max}$ значение $\overline{Q}$ уменьшается, а K_W возрастает. Учет явлений разрыва смазочной пленки позволяет уменьшить вдвое расхождение расчетных и экспериментальных данных по основным параметрам в среднем с 12..20 % до 6..10 %. По разработанной программе были рассчитаны радиальные ГСП, описанные различными авторами. Расхождение экспериментальных и расчетных исследований также находится в указанном диапазоне. Это позволяет считать достоверным используемый метод расчета радиальных ГСП, учитывающий явление разрыва смазочной пленки, и применять его как инструмент при проектировании подшипников данного класса. Разработанный метод расчета позволяет выполнять проектирование ПС с камерами на их рабочей поверхности на заданную несущую способность при минимальных энергетических затратах, что способствует повышению надежности работы и увеличению ресурса ПС энергетических машин различного назначения.

Расчетное исследование процессов гидродинамики в каналах сложной формы выполнялось с помощью программно-вычислительного комплекса ANSYS Fluent. Был проведён расчёт течения рабочего тела в КСФ № 1 и КСФ № 2, входящих в состав модулей ПС и ГСП, с рабочим зазором δ = 0,18 мм. Следует отметить, что модуль представлял собой развернутый на плоскость сектор подшипника, содержащий канал сложной формы и примыкающую к нему рабочую поверхность подшипника [2].

При проведении расчётов использовалась модель турбулентности k-ω SST со стандартными значениями параметров. Эта модель, в отличие от других, например, от (k-ε), рассчитывает пристеночное течение, а не использует стандартную функцию стенки.

С помощью программы ANSYS Meshing 13 была построена гексаэдральная сетка с квадратными ячейками в двух направлениях и с очень маленькой толщиной по высоте зазора (10-30 ячеек на 0,18 мм). Из-за этого ячейки имели очень вытянутую плоскую форму, однако из-за особенностей течения жидкости в зазоре δ (предполагается, что в большей части зазора δ жидкость течёт слоями в направлении выходных торцов модуля с отсутствием перемещения частиц жидкости из слоя в слой, то есть перемешивание в зазоре δ сведено к минимуму) такая сетка может оказаться приемлемой. При выборе размера ячеек вблизи пограничного слоя течения учитывалась величина y+ - безразмерное расстояние от

узла на стенке канала до ближайшего узла в области течения. Исходя из используемой модели турбулентности (k-ω), было выбрано рекомендованное для этой модели значение y+ ≤ 5 [2].

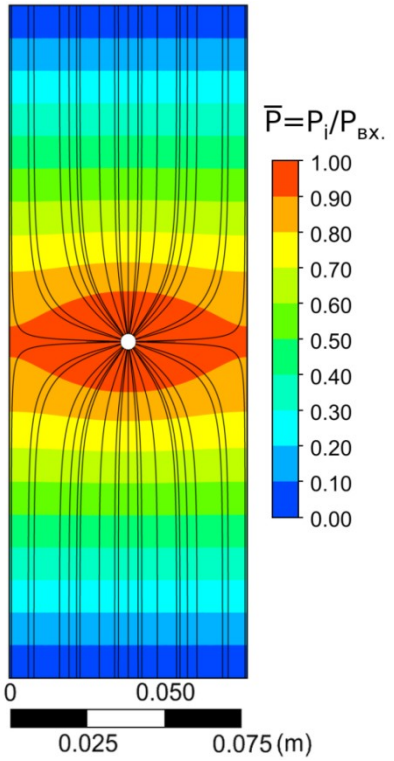
В расчёте использовались следующие граничные условия [3]: для стенок канала использовалась неподвижная стенка (Stationary wall) с нулевой скоростью течения на стенке (no-slip wall). Стенка считается гладкой (Roughness height =0). На выходе задавалось атмосферное давление (pressure-outlet).

Результаты расчета процессов гидродинамики в КСФ № 1 представлены на рис.5. Здесь показаны распределение изобар относительного давления $\overline{P} = \frac{P_i}{P_{вх}}$ и линий тока на рабочей поверхности модуля. При этом, P_i – статическое давление в произвольной точке рабочей поверхности модуля, а $P_{вх}$ – статическое давление на входе в модуль. Жидкость вытекает из капилляра, расположенного в центре модуля (область $\overline{P}$ = 1,0), и после разворота в рабочем зазоре δ устремляется к выходным торцам модуля, где $\overline{P}$ = 0. По принятым граничным условиям осевые границы модуля считаются непроницаемыми для жидкости, поэтому весь поток, вытекающий из капилляра уходит из КСФ № 1 в два торца модуля.

Основной проблемой при разработке методики расчета течения жидкости в КСФ № 2 являлось задание граничных условий на границах камеры. Из эксперимента были известны лишь общий расход жидкости через модуль и распределение статического давления в некоторых точках в зазоре δ. Fluent же не позволяет задать на входе статическое давление, а только полное. Также, втекать жидкость может либо по нормали к входной границе камеры, либо под заданным вручную, посредством компонентов нормальных векторов, углом. Из фотографий визуализации экспериментальных проливок модуля с КСФ № 2 (рис. 6) видно, что жидкость втекала в канал под различными углами и даже возникали обратные её токи из-за неравномерности давления по объему камеры.

Обе проблемы были решены написанием специальных подпрограмм UDF (User Defined Functions) выполняемых в программе Fluent в каждой итерации. Для задания на входе полного давления была написана функция, вычисляющая статическое давление в каждой грани ячейки сетки на входной границе камеры в зависимости от координаты. После чего к статическому давлению добавлялся скоростной напор, вычисляемый по плотности и скорости жидкости в данной грани. Полученное полное давление $P^* = P_{стат} + \rho \cdot W^2/2$ передавалось в соответствующую грань на входной границе расчётного канала.

Для задания угла втекания жидкости была написана подпрограмма UDF, которая для каждой грани на входной границе камеры вычисляет в ячейке, прилегающей к этой грани, градиенты давления по трём главным осям. После чего нормированные значения градиентов давления записываются в качестве X, Y и Z компонентов вектора вытекания жидкости для данной грани.



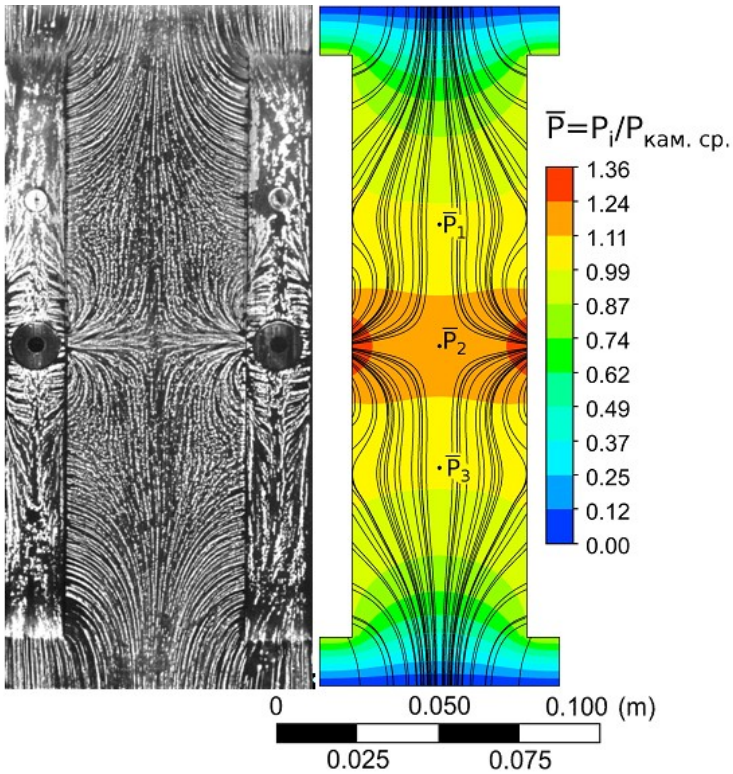


Рис. 5. Результаты расчета течения жидкости в КСФ № 1

Рис. 6. Визуализация и результаты расчета течения жидкости в КСФ № 2

В качестве рабочей жидкости в расчёте процессов течения в модуле с КСФ № 2 использовалась вода, так же как и в эксперименте. Расчёт проводился в стационарной постановке без учёта теплообмена со стенками.

Результаты расчета процессов гидродинамики в КСФ № 2 представлены на рис. 2. Здесь показаны распределение изобар относительного давления $\overline{P} = \frac{P_i}{P_{\text{кам.ср}}}$ и линий тока на рабочей поверхности модуля. При этом, P_i – статическое давление в произвольной точке рабочей поверхности модуля, а $P_{\text{кам.ср}}$ – среднее статическое давление в камере с центральным подводом жидкости через капилляр. Анализ распределения изобар и линий тока показывает, что в камерах существует неравномерность распределения давления о чем свидетельствует наличие возвратных течений с рабочей поверхности модуля в камеру и обратно из неё, что совпадает с результатами ранее выполненных исследований [2]. Эта неравномерность между местом подвода и торцами камеры может достигать 20...30%. Возвратные потоки присоединяются к основному потоку жидкости из камер в торцы модуля.

Очевидно, что достоверность полученных результатов расчета определяется их сходимостью с экспериментальными данными. Сравнение расчётных и экспериментальных полей давления и расходов жидкости показало их достаточную сходимость, максимальное расхождение результатов не превышало 10%. Сравнение расчетной картины течения с экспериментальными результатами визуализации также показали хорошее совпадение (рис 6).

Это говорит о том, что программно-вычислительный комплекс ANSYS Fluent можно применять для расчётов КСФ с небольшими рабочими зазорами δ в ПС и каналах систем

охлаждения тепловых двигателей и энергетических установок при известных граничных условиях для расчета и использовании пользовательских функций UDF.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан достоверный метод расчета системы микроканального жидкостного смазывания радиальных подшипников скольжения, учитывающий явление разрыва смазочной пленки, который можно использовать при проектировании подшипников данного класса. Разработанный метод расчета позволяет оптимизировать конструкцию подшипника при заданной несущей способность с минимальными энергетическими затратами, что способствует повышению надежности работы и увеличению ресурса ПС энергетических машин различного назначения.

Продемонстрирована возможность применения программно-вычислительного комплекса ANSYS Fluent для расчётов КСФ с небольшими рабочими зазорами δ в подшипниках скольжения и каналах систем охлаждения тепловых двигателей и энергетических установок при известных граничных условиях для расчета и использовании пользовательских функций UDF.

Библиографический список

1. Ерзиков А.М., Такмовцев В.В., Ильинков А.В. Влияние нарушения сплошности смазочного слоя на несущую способность подшипников скольжения. Сборник материалов международной научно-технической конференции «АНТЭ–2015»: Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики. К: Изд-во казан. гос. техн. ун-та 2015. С. 460–465.
2. Рябинин Д.В., Ерзиков А.М., Такмовцев В.В. Расчетное исследование процессов гидродинамики в каналах сложной формы с использованием программного комплекса FLUENT Тезисы докладов международной молодежной научной конференции «XXII Туполевские чтения (школа молодых ученых)» К: Изд-во казан. гос. техн. ун-та, 2015. С. 451-455
3. Горюнов Л.В., Такмовцев В.В., Терещенко Ю.В., Игнатьев Д.В., Ерзиков А.М., Особенности течения смазки в радиальных подшипниках скольжения. Изв. Вузов. Авиационная техника. 2007. №1. С. 73-75.
4. Горюнов Л.В., Такмовцев В.В., Холодкова Д.Р., Подковкин С.В. Разработка метода расчета радиальных гидростатических подшипников в условиях разрыва смазочной пленки // Изв. вузов. Авиационная техника. 2001. №1. С.38 – 41.
5. Ерзиков А.М., Горюнов Л.В., Такмовцев В.В., Явкин В.Б. Использование программного комплекса Fluent для расчетного исследования внутрикамерных процессов течения смазки // Тезисы докладов X международной научно-технической конференции молодых специалистов "Исследование, конструирование и технология изготовления компрессорных машин" - Казань: ООО "Ремарк", 2014. С. 67-69.
6. Ерзиков А.М., Такмовцев В.В., Ильюшкин Н.А., Повышение надежности силовых установок для наземного применения. Евразийское Научное Объединение, 2016. Т. 1. № 3 (15). С. 48-50.
7. Понькин В.Н., Такмовцев В.В., Ерзиков А.М., Ильюшкин Н.А. Доводка по надежности агрегатных подшипников авиационных ГТД, сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 2016. С. 156-161.
8. Горюнов Л.В., Такмовцев В.В., Игнатьев Д.И., Ерзиков А.М. Влияние способа подвода масла на характеристики радиальных подшипников скольжения К: Изв. Вузов. Авиационная техника. 2012. №4. С. 39–41.

Подопрыгоров Сергей Юрьевич
Podoprigorov Sergey Yurievich
Студент кафедры «Горное дело»
Технического института (филиала) «Северо-Восточного Федерального Университета им. М.К. Аммосова»
Г.Нерюнгри. E-mail: lancelot22010@mail.ru

УДК 551.311.23

ВЫВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

WEATHERING OF ROCKS

Аннотация: В данной статье рассматривается проблема разрушения (выветривания) горных пород. Выделяются виды выветривания. Пути решения проблемы.

Summary: This article discusses the problem of destruction (weathering) of rocks. Presents types of weathering. Ways of solving problems.

Ключевые слова: разрушения (выветривания), горные породы.

Keywords: destruction (weathering), rocks.

Горные породы на земной поверхности подвергаются круглый год перепадам температуры, химическому воздействию воды, газов – кислорода и углекислоты, биохимическому воздействию живых организмов и продуктов их разложения. Комплекс этих процессов ведут к разрушению (выветриванию) горных пород. Участок земной поверхности, в котором происходит выветривание, называют зоной выветривания.

В зависимости от факторов, влияющие на горные породы, выделяют три вида выветривания:

1. Физическое или механическое выветривание - это разрушение горной породы при помощи перепада температур. Этот вид выветривания очень хорошо проявляется в районах с резкой разностью температур дня и ночи. Например, породы состоящие из нескольких минералов, такие как гранит, он состоит из кварца, слюды и полевого шпака, при нагревании и охлаждении они изменяются не одинаково, связи между минералами разрушаются и в результате гранит растрескивается, а потом и распадается на обломки, этот вид выветривания ярче всего преобладает в пустыни, где разница температур достигает 40-50 градусов. А если породы состоят из одного минерала, то такой тип выветривания называется шелушением, заключается оно в том что, поверхностные слои горной породы нагреваются сильнее, чем внутренние, следовательно, и расширяются они не одинаково, от поверхности откалываются каменные чешуйки, горная порода шелушится. Роль воды в физическом выветривании на островах северо-ледовитого океана, в зоне тундры, высокого в горах где температура летом колеблется 0 градусов, воды в трещинах горных пород по ночам замерзает, при замерзании объем воды увеличивается, лед с большой силой давит на стенки трещин, расширяя их, и с течением времени лед, идя по трещинам, разламывает горную породу.

2. Химическое выветривание – это разрушение горной породы, при помощи изменения первичного химического состава пород. Когда на горную породу одновременно воздействует солнечное тепло, вода, кислород и углекислый газ, горная порода не просто разрушается, меняется ее химический состав, образуются новые минералы.

3. Органическое выветривание – в природе повсюду, где есть жизнь, происходит органическое выветривание, это разрушение горных пород под влиянием

живых организмов. Например, растения поселяясь в трещинах горных пород, своими корнями как клиньями расширяют их, растения и выделяют особые растворы, разрушающие горные породы. Животные, делая ходы и норы в почве, разрыхляют ее. Некоторые морские моллюски просверливают себе норы в прочных прибрежных скалах.

Силы выветривания, работающие каждый день, разрушают скалы, возле которых скапливаются крупные и мелкие обломки размером от глыб до песка. Они съезжают, сползают и катятся по склону, образуя насыпи. Обычно они представляют собой формы конуса, прислоненного к склону. Постепенно осыпь растет в ширину и высоту, стыкуется с соседними, образуя шлейф осыпей. Обломочного материала бывает столько, что образуются каменные моря и океана. Осыпи появляются чаще всего в такое время года как весной, при таянии снега, или в тихую морозную погоду.

Перемещение продуктов выветривания, тут начинается работа иных сил природы, ледников которые медленно движутся вниз по склонам и выносят груды обломочного материала, стремительных горных потоков, горные реки несут валуны, гальку, щебень и в свою очередь производят разрушительную работу. Обломочный материал отлагаются на поверхности суши, выносится в моря и океаны, в результате образуя новые минералы.

Выветривание считается главным поставщиком обломочного материала и растворенных веществ, которое ведет к образованию осадочных горных пород. Велика роль выветривания и в образовании месторождений полезных ископаемых. В результате физического выветривания из коренных горных пород высвобождаются многие стойкие минералы, образующие часто богатые россыпные месторождения полезных ископаемых (золото, платина, алмазы и др.). При химическом выветривании образуются месторождения каолина, гипса и тд.

Для нейтрализации выветривания или укрепления свойств грунтов используют следующие мероприятия:

1. Покрытие горных пород непроницаемыми для выветривания материалами. Основными материалами являются глины и суглинки, которые не пропускают влагу и способны погасить колебания температуры.

2. Пропитывание грунтов различными веществами. Такими как жидкое стекло, гудрон, цементацию, тампонировпание.

3. Нейтрализация факторов выветривания. Для нейтрализации растворяющего действия воды иногда вводят в нее раствор соли.

4. Планировка территории для отводы воды (ливнестоки).

5. При ведении горных работ, в горных выработках для нейтрализации физического выветривания (перепада температур), применяют метод поддержания одного климата в выработках.

Библиографический список:

1. Оллиер К., Выветривание, М., Недра, 1987.

2. Добровольский В.В.”Геология”

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»
Кемерово 2016