

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Калужский филиал МГТУ имени Н. Э. Баумана»

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРО - И МАШИНОСТРОЕНИИ И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ

**Материалы
Региональной научно-технической конференции**

Том 2



Калуга 2016

УДК 378:001.891
ББК 74.58:72
НЗ4

Руководитель конференции:

С.А. Кусачева (председатель совета по НИР студентов и аспирантов)

Руководители направлений:

А.И. Пономарев (ф-т КМК), *Ю.С. Белов* (ф-т ФНК), *М.Ю. Адкин* (ф-т ЭИУК),
А.Г. Вяткин (ф-т МТК), *О.А. Артеменко* (ф-т СЭК)

Руководители секций:

Е.Н. Мальшев, Г.В. Орлик, В.В. Андреев, А.А. Жинов, Ю.П. Корнюшин,
Н.Е. Шубин, А.И. Пономарев, А.К. Рамазанов, А.А. Анкудинов, Б.М. Логинов,
В.Г. Косушкин, А.В. Мазин, А.А. Шубин, А.К. Горбунов, А.В. Максимов,
В.Н. Пащенко, М.В. Астахов, Е.Н. Сломинская, О.Л. Перерва, Г.И. Ловецкий,
А.Ю. Красноглазов, В.М. Алакин

НЗ4 **Научоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе:** материалы региональной научно-технической конференции, 19–21 апреля 2016 г. Т. 2. – Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 244 с.

В сборнике материалов Региональной научно-технической конференции представлены результаты научных исследований, выполненных учеными в течение ряда лет. Систематизированы материалы различных научных школ. Результатами научных исследований являются новые методы, вносящие вклад в развитие теории, а также прикладные задачи, воплощенные в конструкции и материалы.

УДК 378:001.891
ББК 74.58:72

© Коллектив авторов, 2016
© Калужский филиал МГТУ
им. Н. Э. Баумана
© Издательство МГТУ
им. Н. Э. Баумана, 2016

СЕКЦИЯ 6.

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Н.В. Ридванская, О.В. Яковлева

АНАЛИЗ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГАЛЬВАНОСТОКОВ НА АО «ТАЙФУН» И ВОЗМОЖНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды. Наибольший ущерб наносится в первую очередь поверхностным и подземным водоемам, ввиду образования большого объема сточных вод, содержащих вредные примеси тяжелых металлов, неорганических кислот и щелочей, поверхностно-активных веществ и других токсичных соединений [1].

Данная тема является актуальной, так как в настоящее время на очистных сооружениях гальванических производств наиболее распространенным методом обезвреживания загрязненных стоков является реагентный метод, в частности, осаждение металлов гидроксидом кальция, не обеспечивающий доведение содержания ионов тяжелых металлов в стоках до ПДК.

Основным недостатком этого метода является большое количество шламов, содержащих токсичные соединения тяжелых металлов. Утилизация и переработка таких шламов – очень сложный и дорогостоящий процесс.

Объектом исследования являлись очистные сооружения гальваносток завода АО «Тайфун».

Целью работы явилось проведение исследования эффективности действующей технологии очистки на очистных сооружениях предприятия и исследование возможности внедрения передовой технологии с организацией водооборота.

Как показало исследование в большинстве случаев основным методом очистки сточных вод после гальваники, используемым на российских предприятиях, является реагентный метод. Предприятие АО «Тайфун» не является исключением.

Технология очистки гальваносток до 2015 года на предприятии предусматривала отдельную обработку хромсодержащих и кислотно-щелочных сточных вод. Хромсодержащий сток обрабатывался сульфитом натрия и серной кислотой. Затем его смешивали с кислотно-щелочным потоком сточных вод и добавляли известковое молоко. Для процесса отстаивания сточные воды направлялись в вертикальный отстойник. Далее осветленные сточные воды сбрасывались в городскую канализацию.

На очистных сооружениях АО «Тайфун» сточные воды очищались не достаточно эффективно, и содержание различных вредных компонентов, таких как ионы тяжелых металлов, аммонийного азота, сульфатов и хлоридов не соответствовало нормативам ПДК на сброс в канализацию.

В 2015 году очистные сооружения этого предприятия были реконструированы, внедрена система доочистки гальваносточков сорбционным методом. Это решение было предложено заводу компанией Квант Минерал, которая предложила использование для проведения процесса доочистки адсорбента «Глинт».

В результате проведенной реконструкции очистных сооружений на предприятии улучшились показатели сброса сточных вод после гальванизации, однако внедрение новой технологической схемы очистки гальванических стоков не привело к полному устранению всех существующих проблем. После реконструкции очистных сооружений сточные воды предприятия имеют превышения по аммонии, тяжелым металлам и хлоридам.

В качестве примера на рисунках 1-2 приведены показатели изменения концентрации содержания в воде после очистки гальваносточков никеля и аммония.

Так, проанализировав полученные данные, были сделаны выводы о том что, несмотря на внедренную систему доочистки стоков, концентрация никеля на сбросе в канализацию постоянно превышает предельно допустимую концентрацию (рисунок 1).

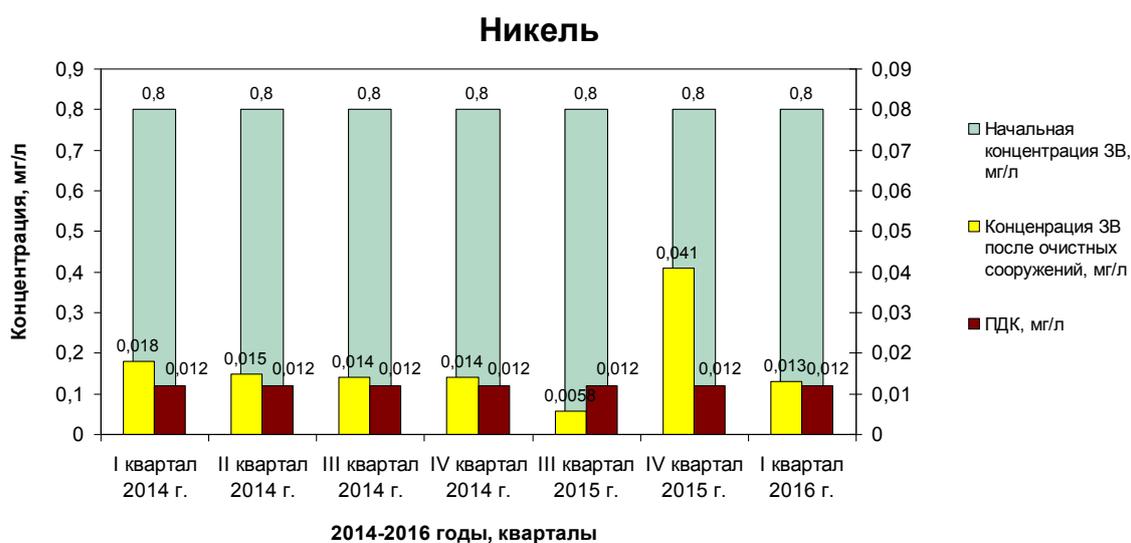


Рис. 1. Изменение содержания никеля в воде после очистки и сравнение с нормативом ПДК

Такая же ситуация наблюдается и с результатами очистки стока от аммония. Здесь также наблюдается постоянное превышение концентрации аммония после очистки сточных вод по сравнению с предельно допустимой (рисунок 2).

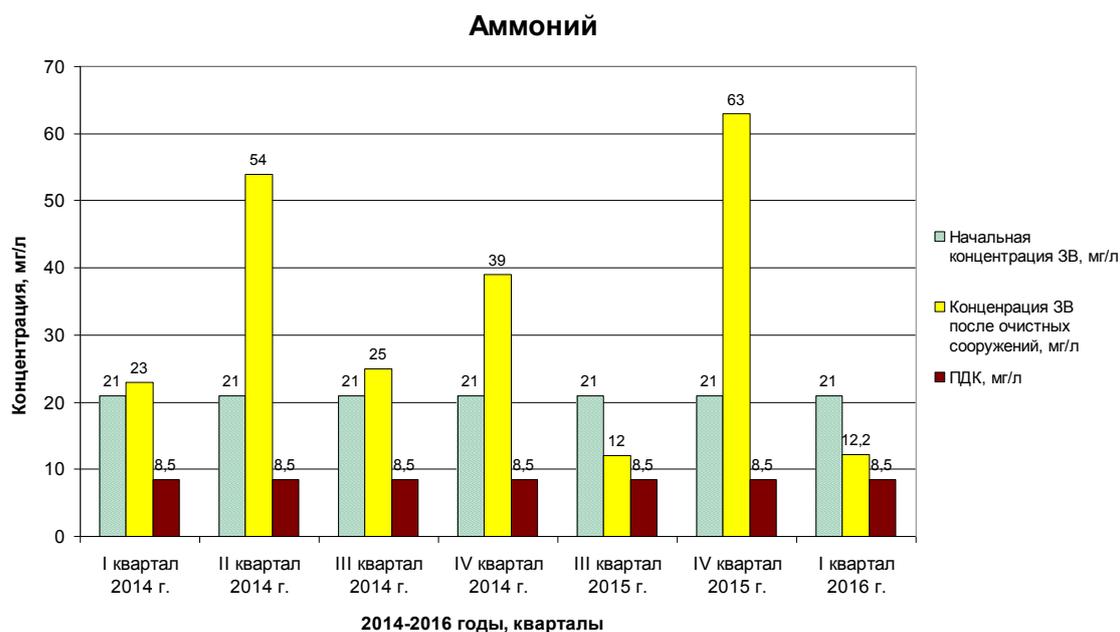


Рис. 2. Изменение содержания аммония в воде после очистки и сравнение с нормативом ПДК

Исходя из результатов проведенного исследования можно сделать вывод о том, что несмотря на то, что в результате доочистки эффективность работы очистных сооружений возросла, по ряду загрязнений значения ПДК так и не были достигнуты. Кроме того, качественный состав стока не позволяет рационально использовать воду после данной доочистки на предприятии.

На основании проведенного анализа тенденций очистки сточных вод гальваники, изучив опыт работы действующей станции очистки, нами предлагается замена существующей технологии очистки сточных вод гальваники. Применение передового физико-химического метода очистки – обратного осмоса позволит проводить очистку сточных вод до требований ПДК. Кроме этого появится возможность создания оборотного цикла очищенной воды на гальванике и возможность утилизации тяжелых металлов.

Метод обратного осмоса основан на способности молекул воды проникать через полупроницаемые мембраны (рисунок 3). При обратном осмосе отделяются вода и частицы (молекулы, гидратированные ионы), размеры которых сравнимы с размерами молекул воды (диаметр частиц 0,0001-0,001 мкм). При ультрафильтрации размер отделяемых частиц на порядок больше (диаметр частиц 0,001-0,02 мкм).

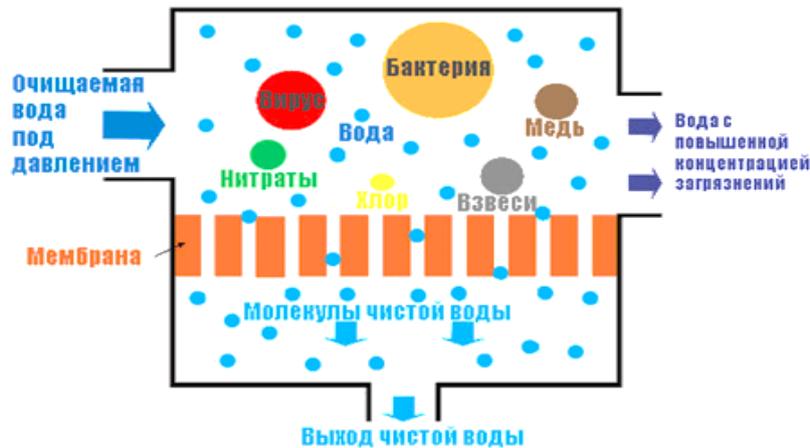


Рис. 3. Схема процесса обратного осмоса

Обратный осмос рекомендуется использовать при следующей концентрации стоков: для одновалентных солей не более 5-10 %; для двухвалентных: 10-15 %; для многовалентных: 15-20 % [2].

Внедрение обратного осмоса позволит:

- уменьшить грязевую нагрузку на очистные сооружения в виде реагентов;
- получить очищенную воду, соответствующую требованиям ГОСТ 9.314-90 «Вода для гальванического производства и схемы промывок. Общие требования»;
- обеспечить «замкнутый» водооборотный цикл на предприятии при степени использования воды не менее 90%;
- снизить плату предприятия за сброс сточных вод в коллектор городской канализации;
- исключить плату предприятия за сверхнормативные концентрации загрязняющих веществ.

Список литературы

[1] Очистка сточных вод гальванического производства. URL: <http://kspr.ru/design-objects/industrial/metalworking/electroplating/water-waste-treatment/> (дата обращения 02.03.2016).

[2] Технология защиты окружающей среды. URL: <http://knigi.dissers.ru/books/1/20933-25.php> (дата обращения 02.03.2016).

Ридванская Наталия Валерьевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: dinozavrikova@mail.ru

Яковлева Ольга Владимировна - канд. техн. наук, доцент кафедры "Промышленная экология и химия" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

В.Д. Шашкина, К.В. Бочарова, И.Г. Шемель

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ НЕТКАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение.Повышение эффективности производства является одной из важных задач, стоящих перед экономикой любого отдельно взятого государственного образования. Решение этой задачи позволяет повысить уровень благосостояния населения, улучшить здоровье и генофонд нации, ее интеллектуальный потенциал, определяемый образованием и культурой, а также повысить обороноспособность страны. Кроме того, повышение эффективности производства обеспечивает наличие экономии природных ресурсов, средств и предметов труда при тех же объемах выпускаемой продукции, выполняемых работ и оказываемых услуг[1].

В настоящее время эффективность работы и даже выживаемость предприятий по производству нетканых текстильных материалов целиком зависит от конкурентоспособности продукции, а это в первую очередь определяется качеством нетканых материалов. Поэтому в данной работе выбрано исследование направление исследования и анализа способов получения нетканых материалов.

Неткаными материалами называют гибкие прочные изделия, чаще всего в виде полотен, образованные из одного или нескольких слоев текстильных материалов (волокнистой ватки, нитей и ткани малой плотности и др.) и скрепленных различными способами. Так, если из тонкой ватки, полученной на чесальных машинах или аппаратах, сформировать холст из двух или более слоев и скрепить волокна между собой (например, склеить), получится нетканый материал.

В общем случае нетканые материалы состоят из двух элементов, один из которых выполняет роль базового, а второй — связующего. Базовый элемент, воспринимающий нагрузку при эксплуатации, является основой нетканого материала. В качестве базового материала используют волокнистый холст, систему нитей, полимерную пленку, имеющую волокнистую структуру, ткани или сочетания этих материалов. Связующий элемент служит для связывания (скрепления) базового элемента и придания ему определенных свойств. В качестве связующих могут быть использованы нити, волокна из базового волокнистого холста, полимерные вещества (полиэтилен, каучуки), химические волокна с низкой температурой плавления[2].

Исследовательская часть.Ассортимент нетканых материалов зависит от способа производства. К изделиям, скрепленным механическим способом, относятся вязально-прошивные, валяные и иглопробивные; физико-механическим способом — склеенные сухим, мокрым и другими методами; комбинированным способом — вязально-прошивные и иглопробивные с последующим склеиванием.

Вязально-прошивные полотна получают провязыванием волокнистого холста, настила пряжи, волокнистого холста вместе с тканью, трикотажем или пленкой, поролоном, поролона с тканью и т. д. При свойлачивании двух волокнистых холстов с проложенными внутри каркасными нитями получают валяные нетканые материалы. При производстве клеевых нетканых материалов используют порошки, термопластичные волокна, нити и пленки.

По назначению нетканые полотна разделяются на бытовые, используемые для одежды, утепляющие (ватыны), обувные, паковочные, фильтровальные и др.

Нетканые материалы по составу волокон могут быть однородными и неоднородными. Однородные нетканые полотна вырабатывают из хлопкового волокнистого холста и прошивают хлопчатобумажной пряжей. Неоднородные нетканые материалы готовят из смеси хлопка с вискозным волокном или вискозного волокна и шерсти.

Провязывание волокнистых холстов прошивными нитями можно осуществлять различными переплетениями, от которых зависят свойства готового материала. Так, например, при провязывании материала переплетением «трико» волокнистый холст оказывается внутри редкого основоязаного трикотажа. Такой нетканый материал наиболее близок к трикотажным полотнам бельевого назначения. Выбор переплетения зависит от назначения нетканого материала.

По своим свойствам холстопрошивные нетканые полотна несколько отличаются от аналогичных тканей. Они характеризуются большими плотностью, толщиной и пористостью. При одинаковых теплозащитных свойствах масса нетканого материала меньше на 15...20 %, чем пальтовых тканей. Износостойкость нетканых материалов зависит от состава волокон, линейной плотности, частоты прошива и отделки. Для повышения устойчивости к истиранию в смесь вводят капроновые и лавсановые волокна. Срок службы изделий из нетканых материалов приближается к сроку службы тканых, имеющих в ряде случаев излишний запас износоустойчивости.

По способу получения нетканые материалы делятся на механические, аэродинамические, электростатические и гидравлические[3].

Сущность *механического способа* холстообразования состоит в формировании холста из нескольких слоев ватки, полученной с чесальных машин и аппаратов. В зависимости от требуемых свойств нетканого материала слои ватки можно расположить по-разному: с одинаковой во всех слоях ориентацией волокон, с перекрещиванием их; с комбинацией указанных слоев.

Для получения холстов используют шляпочные, валичные чесальные машины или двухпрочесные чесальные аппараты. Ватка с этих машин укладывается в холст с помощью специальных транспортеров — механических преобразователей прочеса. В большинстве случаев они состоят из систем решеток, совершающих качательное движение поперек транспортера или возвратно-поступательное движение. Свойства получаемого нетканого материала зависят от толщины и массы холста, т. е. от толщины и числа сложенных слоев ватки.

При *аэродинамическом способе* применяются пневматические установки. Сырье сначала разрыхляется с помощью расчесывающих устройств, а затем из волокон, движущихся в воздушном потоке, формируется холст. Волокна с чесальной машины, увлекаемые воздушными потоками, направляются на поверхность сетчатого барабана приставки, который медленно вращается. На поверхности сетчатого барабана образуется слой волокон, так как из барабана воздух отсасывается специальными вентиляторами. Образованный на поверхности барабана холст передается на последующий теутологический переход.

Аэродинамический способ образования холста можно осуществить на обычных чесальных машинах, оборудованных дополнительными устройствами (приставками).

Электростатическое холстообразование основано на свойстве волокон приобретать заряды статического электричества. Управляя расположением волокон на специальном транспорте, можно получать материалы с хорошими диэлектрическими свойствами.

Устройство для электростатического образования холста работает следующим образом. Короткие волокна из питателя поступают на транспортер, с которого сбрасываются на поверхность вращающегося барабана. При выходе с транспортера они проходят около проводника, находящегося под током напряжения 15 000 В, что обеспечивает снятие с волокон любых зарядов. Далее волокна подаются на участок, где расположен электрод, связанный с источником высокого напряжения. На этом участке они приобретают отрицательный заряд.

Попадая на вращающийся заземленный барабан, волокна прилипают к его поверхности. Затем они переносятся по направлению к транспортеру, под которым вращается барабан с шаблоном, заряженным положительно. В результате волокна прилипают к транспортеру и образуют холст. Те волокна, которые не переходят на транспортер, снимаются с барабана роликом, имеющим положительный заряд, и направляются на дополнительный транспортер, который возвращает их для повторной переработки с вновь поступающими волокнами (рис. 1)

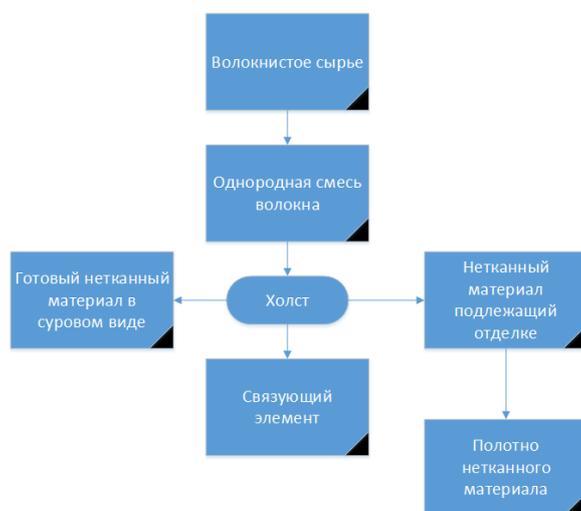


Рис. 1. Блок-схема технологического процесса получения нетканного материала

При гидравлическом способе холст формируют из водной суспензии с содержанием волокон 2...8 %. Суспензия направляется на сетку-транспортер машины, при этом влага частично свободно стекает, а частично удаляется специальными устройствами. Затем холст подвергают термобработке, в процессе которой связующее склеивает волокна.

Так же выделяют четыре главных технологии формирования волокнистых полотен: технологию Drylaid, Spunlaid и meltblown технологии, технологию Wetlaid и получение коротковолоконного полотна с помощью технологии Airlaid[4].

Вывод.

Описана и изучена технология производства нетканых материалов. Дана характеристика используемого сырья и получаемой продукции.

Список литературы

[1] Макаров А.Г. Повышение эффективности производства нетканых текстильных материалов за счет совершенствования системы управления технологическим процессом: Автореф. дисс. канд. эконом. наук. – Москва, 1998. – 229 с.

[2] Бершев Е.Н., Курицина В. В., Куриленко А. И., Смирнов Г. П., Технология производства нетканых материалов, М., 1982.

[3] Кучура А.А., Ковган И.П. Анализ развития технологического процесса производства нетканых материалов. Реферат. – Минск, 2006. – 28с.

[4] Le Blan T. et al. The Development of Non-Wovens //Multifunctional Barriers for Flexible Structure. – Springer Berlin Heidelberg, 2007. – С. 139-150.

Шашкина Валентина Дмитриевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: shashkinavalaly@rambler.ru

Бочарова Ксения Владимировна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: bocharova.kv@gmail.com

Шемель Ирина Геннадьевна - старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: fn2kf@mail.ru

Н.С. Мясникова, О.В. Яковлева

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД ПТИЦЕФАБРИКИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Одной из важнейших задач сельского хозяйства в настоящее время является обеспечение населения мясом птицы высокого качества и в достаточном количестве. В России птицу разводят во всех регионах.

Однако в настоящее время из-за специфичности данного производства появляются проблемы с выполнением норм сброса сточных вод послеочистных сооружений предприятий. Проблемы с очисткой сточных вод имеет и АО «Птицефабрика Калужская», работа очистных сооружений которой являлась предметом проводимого исследования.

В данной работе целью исследования - это проведение мониторинга сточных вод сбрасываемых птицефабрикой.

Перед выполнением работы были поставлены задачи:

- изучить технологию очистки сточных вод, применяемую на действующих очистных сооружениях;
- оценить качество и проследить динамику изменения эффективности очистки воды.

Калужская птицефабрика является одним из крупнейших предприятий России по выращиванию бройлеров. Предприятие находится недалеко от г. Калуга вс. Льва Толстого. АО «Птицефабрика Калужская» основана в 1985 году и сегодня входит в число крупнейших предприятий по выращиванию бройлеров[1].

На очистные сооружения поступают сточные воды птицефабрики и стоки села Льва Толстого. Проектная производительность сооружений 2700 м³/сут.

На очистных сооружениях АО «Птицефабрика Калужская» используются традиционные методы очистки - механическая и биологическая. Сточная вода по коллекторам поступает на очистные сооружения, подвергается усреднению и поступает на механическую очистку. Пройдя сооружения механической очистки (песколовка и первичный отстойник) стоки поступают на биологическую очистку (аэротенк). Затем вода проходит вторичный отстойник и поступает на обеззараживание в контактный резервуар. Завершающий этап очистки проходит в биологических прудах, после чего очищенные сточные воды сбрасываются в реку Цыганка [2].

На предприятии наблюдается постоянство в выполнении основных технологических операций, прослеживается некоторое однообразие источников загрязнения, которое обуславливает более или менее постоянное среднее количество загрязнений, поступающее в сточные воды в течение суток.

Изучение состава стоков показало, что сточные воды, получаемые при обрабатывании птицы, содержат высокое количество растворенных кератинов, содержащихся в пухе и перьях птицы, жиров и белков, а так же высокую концентрацию взвешенных веществ. Кроме того, наблюдается высокая мутность и цветность. В этих стоках содержится большое количество биогенных элементов, к которым относятся фосфорсодержащие и азотсодержащие соединения [3].

На очистные сооружения действующей птицефабрики поступают стоки, в составе которых присутствуют соединения азота, сульфаты, фосфор фосфатов, хлориды, взвешенные вещества, нефтепродукты, поверхностно активные вещества.

Работа заключалась в обобщении и анализе годовых наблюдений за качеством очистки сточных вод, которое обеспечивают действующие очистные сооружения данного предприятия.

Для анализа была прослежена динамика изменения концентрации содержания в сточных водах на сбросе в речку наиболее вредных загрязнений в течение 2014 года, и сравнение с предельно допустимой концентрацией.

После обработки данных были получены результаты исследования по показателям: соединения азота сульфаты, хлориды, фосфор фосфатов, взвешенные вещества, сухой остаток, поверхностно активные вещества, биологическое потребление кислорода (БПК) и нефтепродукты. Наиболее характерные показатели по загрязнениям представлены на рисунках 1-5.

Значения азота аммонийного (рисунок 1) при сбросе воды после очистных сооружений существенно превышают показатель предельно допустимых концентраций (ПДК). Наибольшее превышение наблюдается в первом квартале года.



Рис. 1. Изменение концентрации азот аммонийного в течение года и сравнение с нормативом ПДК

Исходя из полученных данных видно, что увеличение концентрации фосфора фосфатов происходит в третьем и четвертом кварталах. Превышение ПДК наблюдается на протяжении всего года (рисунок 2).

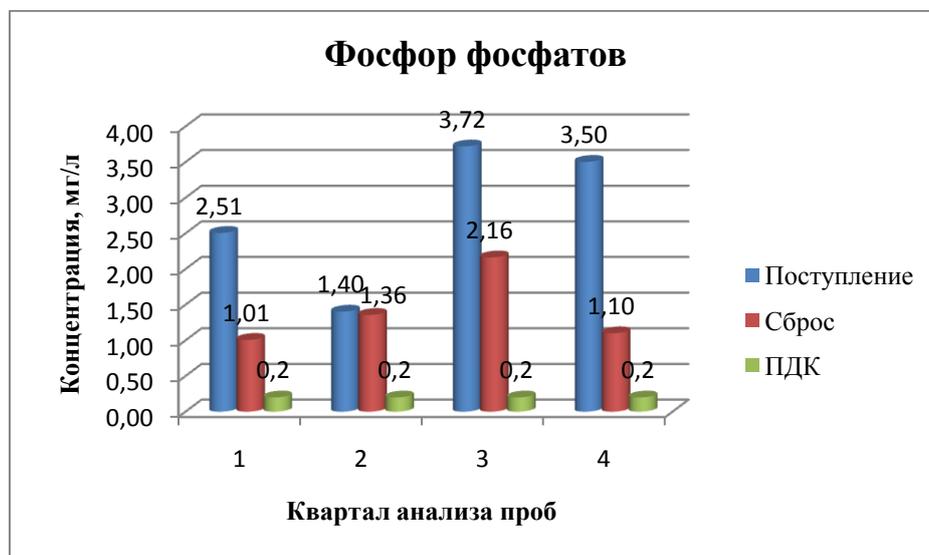


Рис. 2. Изменение концентрации фосфора фосфатов в течение года и сравнение с нормативом ПДК

Согласно рисунку 3 показатели концентрации взвешенных веществ значительно превышены по отношению к нормативу ПДК.

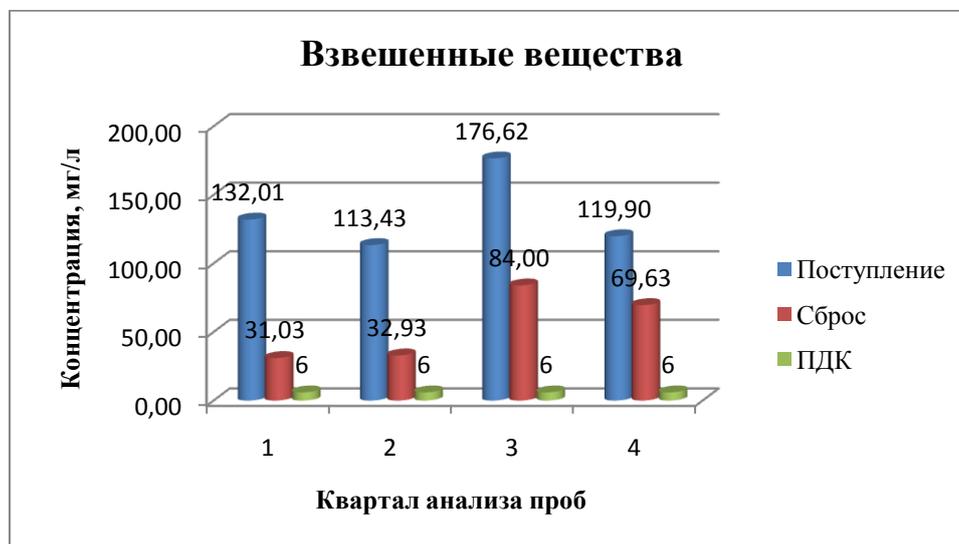


Рис. 3. Изменение концентрации взвешенных веществ в течение года и сравнение с нормативом ПДК

Одним из важнейших показателей качества сброса сточных вод сочинских сооружений птицефабрики после очистки является показатель БПК. Проведенный анализ показал постоянное превышение БПК после очистки стоков. Результаты представлены на рисунке 4.

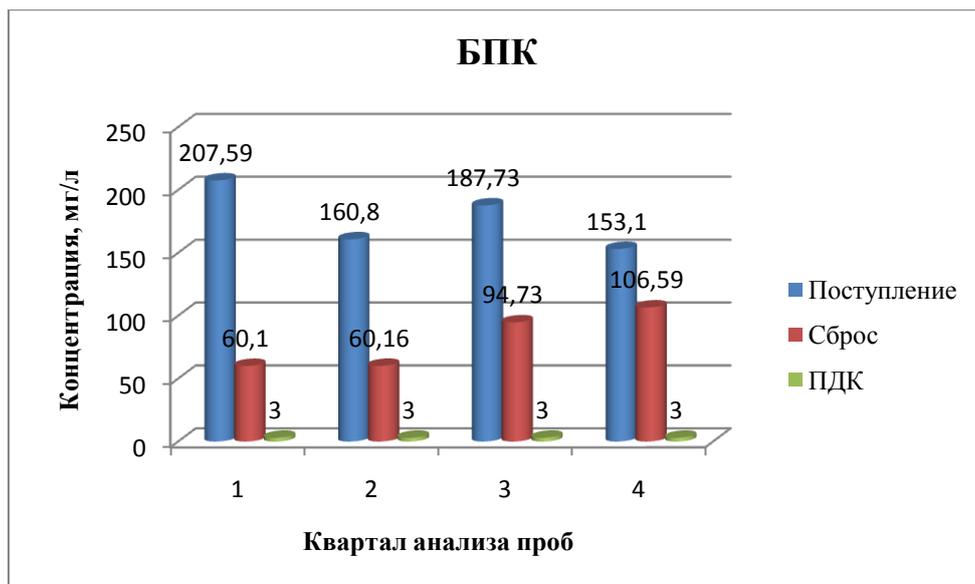


Рис. 4. Изменение концентрации БПК в течение года и сравнение с нормативом ПДК

Большие превышения по нефтепродуктам также наблюдаются в течение года, что видно на рисунке 5.

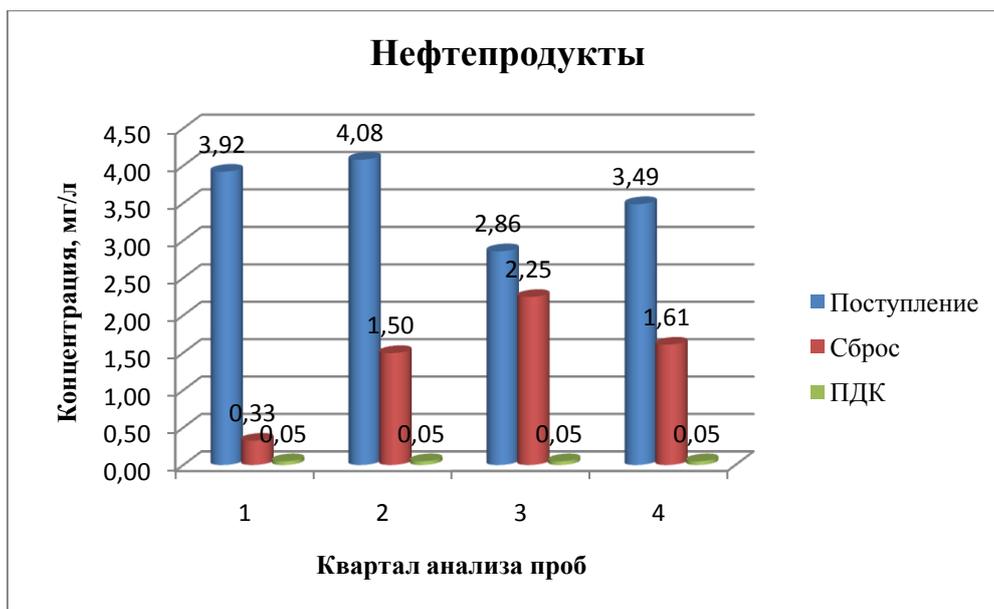


Рис. 5. Изменение концентрации нефтепродуктов в течение года и сравнение с нормативом ПДК

Проведенный анализ годовых наблюдений за качеством очистки сточных вод, которое обеспечивают действующие очистные сооружения АО «Птицефабрика Калужская» показал, что в стоке на сбросе в реку Цыганку постоянно на протяжении года идут превышения по таким загрязнителям как взвешенные вещества, нефтепродукты, БПК, фосфора фосфатов, азота аммонийного. Традиционно очистка сточных вод птицефабрична-

правлена на снижение именно этих показателей. Постоянные превышения данных показателей при сбросе очищенных сточных вод в водный источник дает основание для вывода о неэффективности работы очистных сооружений АО «Птицефабрика Калужская».

Список литературы

- [1] АО «Птицефабрика Калужская» [Электронный ресурс]
URL:<http://www.prodo.ru/factories/bird/kaluzhskaya>(дата обращения 19.03.2016)
- [2] Характеристика и состав сточных вод птицефабрик [Электронный ресурс] URL:<http://про-ewi.ru/solutions/poultry/> (дата обращения 21.03.2016)
- [3] Очистка сточных вод птицефабрики [Электронный ресурс] URL:<http://voda-proekt.narod.ru/pticefabrika.html> (дата обращения 23.03.2016)

Мясникова Наталья Сергеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: myasnikova-natal585@yandex.ru

Яковлева Ольга Владимировна - канд. техн. наук, доцент кафедры "Промышленная экология и химия" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

О.В. Каштанова, О.В. Яковлева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНОСТОКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ АО «ВОСХОД» - КРЛЗ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

На предприятиях радиоэлектроники в силу основных процессов производства в сточных водах содержатся соединения хрома, меди, никеля, мышьяка, цинка, свинца и другие вещества, которые необходимо удалить из стока перед сбросом в канализацию.

Для удаления этих веществ, в настоящее время у нас в стране наиболее распространенными являются реагентные методы очистки.

Очистные сооружения предприятий радиоэлектроники, как правило, эксплуатируются с 70-х годов прошлого столетия. В те годы реагентные методы очистки являлись прогрессивными методами очистки гальваносток, позволяющими обеспечить требования сброса сточных вод. Но со временем сооружения обветшали, не везде действует автоматика, нарушается процесс очистки в силу ряда обстоятельств. Предприятия платят штрафы.

С другой стороны наметилась тенденция применения для очистки гальваносток физико – химических и комбинированных методов очистки сточных вод.

Целью аналитического исследования являлась разработка решений по выбору наиболее эффективной технологии очистки сточных вод гальванического производства АО «Восход» - КРЛЗ с замкнутым циклом.

Для достижения поставленной цели был проведен анализ существующей ситуации на очистных сооружениях предприятия, где в настоящий момент действующая система очистки не обеспечивает в полной мере соблюдение требований сброса сточных вод в городской коллектор.

В результате установлено, что на предприятии АО «Восход» - КРЛЗ в г. Калуге, которое занимается производством различных электронных компонентов, таких как цифровые микросхемы, ИК - светодиоды и фотодиоды, операционные усилители и многое другое для очистки сточных вод на очистных сооружениях применяется реагентный метод очистки кислотно-щелочных, хромсодержащих и фторсодержащих стоков.

Сущность реагентных методов очистки заключается в переводе растворимых в воде веществ в нерастворимые. Это происходит при добавлении реагентов в очищаемую воду и последующего отделения образующихся осадков[1].

Недостатком реагентных методов очистки сточных вод гальваники является безвозвратная потеря ценных веществ с осадками, а также повы-

шенное солесодержание очищенной воды. Этот факт не позволяет использовать очищенную воду, ее сбрасывают в городскую канализацию.

Основной задачей, которую необходимо решать при проектировании очистных сооружений производственных сточных вод цехов гальванопокрытий, является сведение к минимуму экономического ущерба, наносимого этими сточными водами. В идеальном случае – это отсутствие сброса сточных вод от указанных производств за счет создания водооборотных систем, а также полная утилизация и возврат в производство веществ, выделяемых из сточных вод в результате очистки.

В настоящее время организация рационального водопользования на предприятиях приборостроения является актуальной.

В данной работе нами проведен анализ работы очистных сооружений предприятия АО «Восход» - КРЛЗ в г. Калуге. Предложена замена реагентного метода очистки на физико-химический с использованием методов электрокоагуляции, ионного обмена и сорбции.

Применение комбинирования методов очистки стоков на данном предприятии на наш взгляд поможет организовать рациональное использование воды на гальванике.

В качестве основного для очистки кислотно – щелочного стока АО «Восход» - КРЛЗ нами выбран ионный обмен.

Метод ионного обмена заключается в фильтрации обрабатываемых сточных вод через слой зернистого материала, способного обменивать часть своих ионов на ионы, растворенные в воде. В качестве зернистого материала используются синтетические смолы-иониты, имеющие функциональные группы, способные к электролитической диссоциации.

Метод ионного обмена обеспечивает глубокую очистку сточных вод, это ведет к увеличению срока службы технологических растворов и улучшает качество покрытий.

Кроме получения воды высокого качества метод ионного обмена позволяет выделять из промывных сточных вод ценные компоненты в виде элюатов, образующихся при регенерации ионообменных фильтров.

Для обеспечения наиболее полного водооборота, утилизации ценных компонентов и улучшения солевого баланса ионообменные методы очистки рекомендуется сочетать с другими методами[2].

В разрабатываемой технологии очистки нами предлагается к применению метод ионного обмена для доочистки сточных вод после очистки хромсодержащих стоков на электрокоагуляторе. Сочетание электрокоагуляции и последующего ионного обмена приведет к эффективной очистке от хромсодержащих сточных вод и позволит их вместе с кислотно – щелочными использовать в цехе гальванопокрытий, так как вода прошедшая такой цикл очистки соответствует требованию к воде 2 – ой категории, используемой для ванн гальванического производства и схемы промывок.

Фторсодержащие сточные воды предполагается очищать также отдельным потоком на фильтрах с использованием сорбционной загрузки, полученной на основе отходов анодного графитового материала и минерального алюмошлама. Применение такой схемы очистки фторсодержащих сточных вод позволит не только максимально снизить концентрацию ионов фтора, но и поможет решить существующую проблему утилизации и дальнейшей переработки образующихся отходов на заводах по производству алюминия.

Предлагая к использованию для очистки гальваносточков предприятия ионообменный способ следует отметить его недостатки, это затраты на химикаты для регенерации ионитов значительные количества воды на их взрыхление и отмывку, что создает циркуляционные нагрузки.

Однако это не снижает весомые достоинства метода ионного обмена для очистки сточных вод.

В настоящее время имеется большое разнообразие методов, позволяющих очищать сточные воды гальванопроизводства с получением пригодного для дальнейшего использования продукта и оборотной воды. Однако при выборе метода очистки необходимо руководствоваться целесообразностью их использования[3].

Для предприятия АО «Восход» - КРЛЗ видится перспективным использование для очистки сточных вод гальваники комбинированных методов очистки, а именно электрохимических методов очистки и метода ионного обмена и сорбции.

Список литературы

[1] Реагентный метод URL:<http://kmv-e.narod.ru/Reagent.htm> (дата обращения 29.03.2016)

[2] URL: Рекомендации по проектированию водоснабжения и канализации цехов гальванопокрытий <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293777/4293777426.pdf> (дата обращения 29.03.2016)

[3] Водные системы промышленных предприятий URL: <http://pandia.ru/text/77/495/42898.php> (дата обращения 29.03.2016)

Каштанова Олеся Викторовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: kashtanova1994@yandex.ru

Яковлева Ольга Владимировна - канд. техн. наук, доцент кафедры "Промышленная экология и химия" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

С.Ю. Краснощекова, Т.А. Рагулина, И.Г. Шемель

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АКТИВНОГО ИЛА, ПРИГОДНОГО ДЛЯ ДЕФОСФАТИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОКОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Основными видами загрязнений производственных и бытовых сточных вод являются углеродные, азотные и фосфорные соединения. Особо неблагоприятное воздействие на водные бассейны и их микрофлору оказывают фосфорные составляющие загрязнений, приводящие к эвтрофикации водоемов. Их воздействие проявляется в стихийном росте микроскопических водорослей в открытых водоемах, причем этот процесс наиболее интенсивно развивается летом, когда объединяются такие комбинированные факторы, как присутствие обильного питания (азот, фосфор), воздействие солнечных лучей и повышенных температур воздуха и др. Эвтрофикация приводит к ухудшению качества вод, которое нарушает экологическое равновесие водных бассейнов и их использование для забора воды для питьевых и технологических целей.

Очистка вод от соединений азота – процесс достаточно отработанный, для снижения концентрации азотсодержащих соединений успешно применяют биохимические или биосорбционные методы. Чрезвычайно актуальным является обработка режимов совместного удаления азота и фосфора в одном технологическом цикле.

В сточных водах фосфор присутствует в разных состояниях: в растворенном, коллоидном и взвешенном. В нерастворенном состоянии фосфор находится на взвешенных частицах в виде труднорастворимых фосфатов (например, многообразные соединения кальция и фосфора, как правило, малорастворимые) и белковых органических веществ. Фактические концентрации сбросов по фосфору значительно превышают установленные ПДК для рыбохозяйственного водоема.

К числу экологических методов относится биологическое удаление фосфора. Этот способ представляет собой сочетание аэробных и анаэробных процессов. Применение такой технологии позволяет удалять фосфаты на 70–85 %.

Современные приемы биологического удаления фосфора основаны на культивировании микроорганизмов активного ила в анаэробных условиях, что приводит к последующему эффективному изъятию из сточных вод фосфора в аэробных условиях (в аэротенках).

Целью данной работы явилось установление особенностей строения и некоторых особенностей активного ила, пригодных для организации очистки сточных вод от фосфора. Возможность использования одних и тех же

микроорганизмов для совмещения процессов очистки от биогенных веществ описана в литературе [1-4].

Экспериментальная часть. Опытные пробы отбирались модульной системы очистки хозяйственно-бытовых стоков завода «Лафарж» (Калужская область) – из рабочей зоны аэротенки на выходе из биофильтра(рис.1). Процесс изучался на кафедре в части отработки физико-химического процесса очистки, по данным исследований наиболее эффективные результаты были получены при использовании «Аква-Аурата 30» (полиоксиалюминий хлорид) импортного производства.

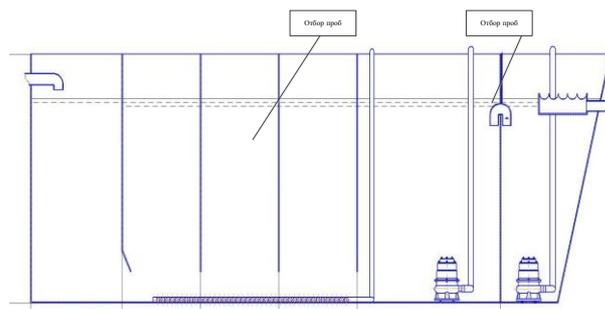


Рис. 1. Отбор проб для эксперимента

Схема изучения активного ила предполагает выполнение работ по определенной схеме (рис.2).



Рис. 2. Схема исследований

Визуальное исследование проб проводилось как в начале эксперимента, так и после осаждения.

Микроскопирование проводили на лабораторном микроскопе с увеличением x40.

Физические методы удаления фосфора предполагают отстаивание или фильтрование сточной жидкости. Активный ил в цилиндре объемом 100 мл отстаивали в течение 120 минут, измеряли уровень осветленного столба жидкости через 5 минут.

Обсуждение полученных результатов. Визуальные наблюдения показали, что ил коричневого цвета, имеет флоккулирующие образования неправильной формы. По консистенции активный ил представляет собой мелкие темные крупинки или хлопья, которые плотно заселены бактериями, покрытыми слизистой оболочкой. Выявлено, что отработанный и рабо-

чий ил не имеет признаков пенообразования и вспухания. Надиловая вода прозрачная, не окрашенная, не опалесцирующая.

Результаты микроскопирования образцов ила представлены на рис.3(а–для активного ила, б–для отработанного ила). Активный ил – искусственно выращиваемый биоценоз при аэрации антропогенно загрязненных вод, населенный гелепродуцируемыми бактериями гетеротрофами, хемотрофами, простейшими и многоклеточными животными, которые трансформируют загрязняющие вещества и очищают сточные воды в результате биосорбции, биохимического окисления, выедания бактерий и простейших.

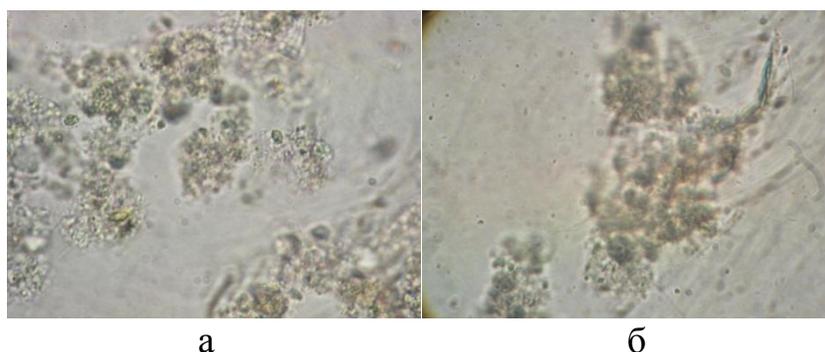


Рис. 3. Результаты изучения активного ила

Процессы вспухания и пенообразования активного ила создают серьезную проблему при эксплуатации канализационных очистных сооружений и приводят к ухудшению качества очистки сточных вод по основным показателям, а также к сбросу активного ила в водные объекты. Вспухание ила, его всплытие и пенообразование вызываются многими причинами и связаны как с деятельностью различных групп микроорганизмов, так и с условиями формирования хлопка активного ила.

Полученные фотографии позволяют судить о «здоровом» характере активного ила, но незначительном появлении вспухания в отработанном иле, что можно объяснить замедлением процессов очистки в весенний период из-за низких температур, недостаточных для полноценного развития биоценоза.

Седиментационные свойства активного ила характеризуются такими параметрами, как иловый индекс и скорость осаждения активного ила. Седиментационные характеристики снимали на образце активного ила с разницей в 2 дня (рис.4). В промежутке между определениями кинетики осаждения выдерживали активный ил при пониженной температуре, но периодически проводили продувание воздухом, прокачивая его насосом.

Была установлена скорость осаждения по высоте столба осветленной жидкости, при этом пробы показали практически идентичные результаты. Удовлетворительной можно считать осаждение в течение 1,2-1,5 час, что необходимо будет учитывать для разработки технологического эксперимента.

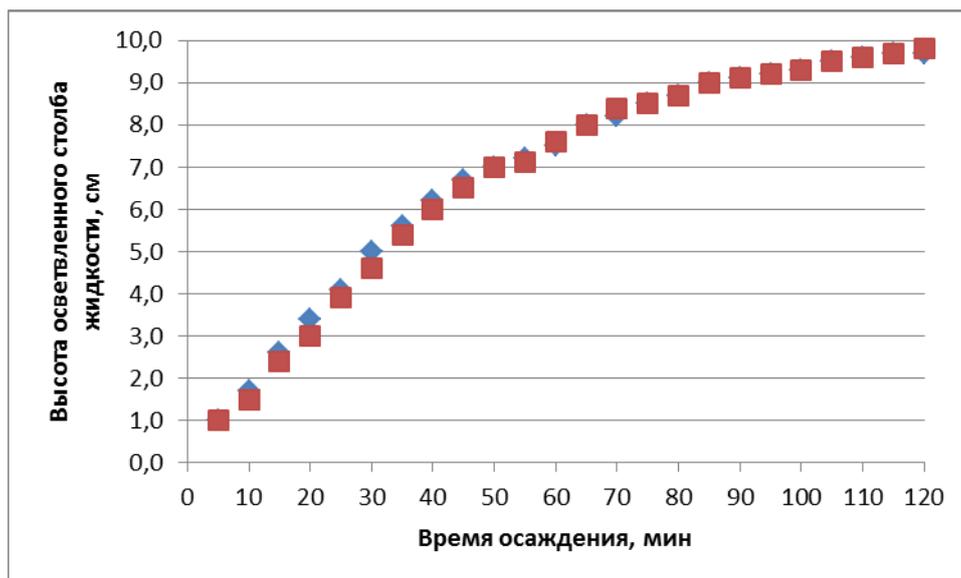


Рис. 4. Кинетика осаждения активного ила

Выводы. На основе полученных результатов можно построить технологический эксперимент с проведением его в теплый период года на реально действующем оборудовании – модельной установке, включающей основные этапы биологической очистки, и установить характер и степень воздействия микроорганизмов на полноту дефосфатизации бытовых стоков.

Список литературы

- [1] Гогина Е.С. Удаление биогенных элементов из сточных вод: Монография / ГОУ ВПО Моск. гос. строит.ун-т. – М.: МГСУ, 2010. – 120 с.
- [2] Andreadakis, A. D. (1993). Physical and chemical properties of activated sludge floc. *Wat. Res.*, 27(12), 1707-1714.
- [3] Aspegren, H., Andersson, B. and Nyberg, U. (1995). Circulation of phosphorus in a system with biological P-removal and anaerobic sludge digestion. *Schriftenreihe WAR*, 84, Institut WAR, TH Darmstadt, Germany.
- [4] Eriksson, L. and Alm, B. (1991). Study on flocculation mechanisms by observing effects of a complexing agent on activated sludge properties. *Wat. Sci. Tech.*, 24(7), 21-28.

Краснощекова Светлана Юрьевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: sweto4ka.krasnoshyokova@yandex.ru

Рагулина Татьяна Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: ragulinanatalja@yandex.ru

Шемель Ирина Геннадьевна - старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: fn2kf@mail.ru

М.И. Христофорова, А.А. Хролынцев, О.В. Яковлева

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ТОНКОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ ВЗВЕСИ В ПРОФИЛЬТРОВАННОЙ ВОДЕ ПЕРЕД УСТАНОВКОЙ ОБРАТНОГО ОСМОСА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Наша планета обладает огромными запасами воды, однако основная ее часть является соленой морской водой. С другой стороны, вследствие роста промышленного производства, численности населения, ухудшения экологической обстановки во всем мире снижается качество пресной воды, наблюдается дефицит водообеспечения. В связи с этим в настоящее время особенно остро встает вопрос поиска альтернативных технологий по пополнению запасов пресной воды. Одним из оптимальных считается путь опреснения вод мирового океана.

На сегодняшний день в отечественной и зарубежной практике водоподготовки широкое распространение получили мембранные методы опреснения, в частности, обратный осмос.

В этом процессе соленая вода пропускается через систему полупроницаемых мембран способных отделить раствор, при этом на выходе получаем чистую пресную воду [1].

Для обеспечения нормальной эксплуатации обратноосмотических установок водоподготовки нужно, чтобы вода, поступающая на мембраны, соответствовала определенным нормам. Также необходимо обеспечивать параметры, необходимые для успешной эксплуатации мембран.

В настоящее время в мире действуют заводы получения воды питьевого качества из морской воды. Примером может служить опреснительный завод в г. Актау (Республика Казахстан), где реализована оригинальная технология мембранного обессоливания воды Каспийского моря с использованием обратноосмотической установки. Однако, в процессе эксплуатации установки выяснилось, что стоящие перед ней картриджные фильтры, не обеспечивают требуемую тонкость фильтрации воды от взвешенных веществ.

Целью нашей работы являлось определение оптимальных параметров фильтрующего слоя, в частности, толщины «отсечного» слоя для фильтрующих элементов из нетканого полимерного материала.

Для этого решались задачи: изучение требований к воде, поступающей на установки обратного осмоса; изучение строения фильтрующего элемента для очистки жидкостей от механических примесей и процесса фильтрации через фильтроэлемент; проведение испытаний для определения оптимальных параметров «отсечного» слоя, обеспечивающих необходимую тонкость фильтрации при минимальном гидравлическом сопротивлении.

Одним из основных требований для воды, поступающей на обратноосмотическую установку, является то, что концентрация взвешенных веществ должна быть менее 0,56 мг/л. Это связано с тем, что взвеси могут откладываться на поверхности мембран обратного осмоса, тем самым сокращая срок их эксплуатации. Поэтому неотъемлемым элементом любой мембранной обратноосмотической установки является наличие на ее входе картриджного микрофильтра с патронами, имеющими поры 5 и менее мкм[2].

Объектом исследования являлся фильтрующий элемент, представленный на рисунке 1, для очистки жидкостей от механических примесей.



Рис. 1.-Опытный фильтрующий элемент

Он представляет собой многослойную цилиндрическую конструкцию из нетканого полимерного волокнистого материала, с изменяющимся размером пор по сечению фильтрующего слоя[3].

Фильтрующий элемент был изготовлен по современной технологии «meltblown» - «мелтблаун», которая позволяет формировать волокна путем раздува расплавленного полимера (фильерно-раздувная технология) горячим воздухом непосредственно на транспортную ленту или на другую приемную поверхность.

Структура исследуемого фильтрующего элемента состоит из перфорированного трубчатого каркаса и намотанных на него слоев полимера различной толщины.

Первый слой фильтрующего элемента называется подложка, его толщина составляет 1 мм. Задачей данного слоя является предотвращение миграции волокон фильтрующего материала в отфильтрованную жидкость.

Следующий слой - «отсечной». Его толщина выбирается из условия обеспечения требуемой эффективности фильтрации по частицам, размер которых превышает тонкость фильтрации.

И последний слой фильтрующего элемента – «основной». Он имеет наибольшую толщину, которая определяется наружным диаметром фильтрующего элемента.

В фильтрующем элементе «отсечной» слой отвечает за эффективность, а остальная часть фильтрующего слоя обеспечивает грязеемкость-

фильтрующего элемента. Поэтому проводимые, опыты были направлены на определение оптимальной толщины «отсечного» слоя.

Для проведения исследований были изготовлены партии фильтрующих элементов длиной 120 мм, которые состояли только из «отсечного» слоя. Его начальная толщина составляла 2 мм, и увеличивалась с шагом 0,5 мм до толщины 5 мм. Так изготавливались партии фильтров по 7 штук.

Испытания фильтрующих элементов производились на лабораторном стенде, представленном на рисунке 3.



Рис. 3. Лабораторный стенд для контроля качества фильтров для жидких сред

В испытаниях в качестве рабочей жидкости использовалась водопроводная вода, предварительно очищенная технологическим фильтром с номинальной тонкостью фильтрации 0,5 мкм. В качестве загрязнителя использовался кварц молотый пылевидный марки Б ГОСТ 9077-82.

Эффективность работы фильтрующего элемента рассчитывали по формуле (1):

$$\mathcal{E} = \frac{N_{ex} - N_{вых}}{N_{ex}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где N_{ex} — суммарное количество частиц перед фильтрующим элементом в 1 мл жидкости, мкм; $N_{вых}$ — суммарное количество частиц после фильтрующего элемента в 1 мл жидкости, мкм.

В качестве начальных условий для испытаний принимались: расход жидкости для всех фильтрующих элементов - 0,2 м³/ч; температура жидкости 21-22 °С. Перед началом испытаний через фильтры пропусклась чистая вода с расходом 0,2 м³/ч в течение 10-15 минут.

В таблицах 1, 2 представлены результаты эксперимента для одной из партий фильтрующих элементов. Это полученные значения эффективности фильтрующего элемента в зависимости от размера задерживаемых частиц и значения изменения сопротивления воздушному потоку от толщины фильтрующего слоя.

Таблица 1

Значение эффективности фильтрующего элемента в зависимости от размера задерживаемых частиц

Размер частиц мкм	Эффективность Э, %, при толщине фильтрующего слоя S, мм						
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1,00	98,91	99,15	99,68	99,21	98,62	98,50	98,55
2,00	99,59	99,80	99,93	99,86	99,84	99,81	99,85
3,00	99,66	99,88	99,95	99,91	99,94	99,91	99,95
4,00	99,67	99,90	99,95	99,91	99,95	99,92	99,96
5,00	99,68	99,93	99,96	99,92	99,94	99,89	99,96
6,00	99,70	99,96	99,96	99,91	100,00	99,91	99,95
7,00	99,73	99,93	99,97	99,95	100,00	99,90	99,95
8,00	99,83	99,95	99,95	99,92	100,00	99,91	99,93
9,00	99,91	100,00	99,92	100,00	100,00	99,87	99,95
10,00	99,87	100,00	100,00	100,00	100,00	99,80	99,94
12,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,56	99,89
14,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
16,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
18,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
20,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
25,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблица 2

Изменение сопротивления воздушному потоку от толщины фильтрующего слоя

Толщина фильтрующего слоя S, мм	Сопротивление воздушному потоку Δp , Па ($Q=2,25 \text{ м}^3/\text{ч}$)
2,0	1173
2,5	1241
3,0	1602
3,5	1972

Толщина фильтрующего слоя S, мм	Сопротивление воздушному потоку Δp , Па ($Q=2,25 \text{ м}^3/\text{ч}$)
4,0	2084
4,5	2242
5,0	2329

По результатам исследований видно, что эффективность фильтрации растет до толщины фильтрующего слоя, равной 3 мм, при этом сопротивление воздушному потоку равномерно увеличивается до толщины 5 мм.

При дальнейшем увеличении толщины «отсечного» слоя с увеличением гидравлического сопротивления эффективность фильтрации снижается.

Похожая картина наблюдалась для других групп образцов. Поэтому, исходя из полученных данных при проведении серии опытов, в качестве оптимальной нами принята толщина «отсечного» слоя, равная 3 мм.

В результате проведенных испытаний были определены оптимальные параметры «отсечного» слоя, обеспечивающие необходимую тонкость фильтрации при минимальном гидравлическом сопротивлении. Полученные данные помогут оптимизировать работу обратноосмотической установки на опреснительном заводе.

Список литературы

[1] Опреснение морских и соленых вод. Системы обратного осмоса. Установки обессоливания. URL: http://www.oil-filters.ru/reverse_osmosis_systems.php (дата обращения 18.03.2016).

[2] Мембранные фильтры: обратный осмос и нанофильтрация. URL: http://www.mediana-filter.ru/reverse_osmos_nanofiltration.html (дата обращения 19.03.2016).

[3] Христофорова М.И., Яковлева О.В. Современные тенденции использования различных фильтрующих материалов в водоподготовке // Научно-технические аспекты приборостроения и машиностроения и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы Всероссийской научно-технической конференции, 24-26 ноября 2015 г. Т. 2. – Калуга: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – с. 83-87.

Христофорова Мария Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: sweto4ka.krasnoshyokova@yandex.ru

Хролынцев Антон Александрович - ведущий инженер-конструктор АО "Фильтр". E-mail: antonische_x@mail.ru

Яковлева Ольга Владимировна - канд. техн. наук, доцент кафедры "Промышленная экология и химия" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

С.Г. Зубов, О.В. Яковлева

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ЧЕРЕПЕТСКОЙ ГРЭС

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В настоящее время оборудование современных электростанций эксплуатируется при высоких тепловых нагрузках, это требует жесткого ограничения толщины отложений на поверхностях нагрева. Для того чтобы отложения не могли образоваться необходимо обеспечивать высокое качество водных теплоносителей электростанции, что является важнейшей задачей. Использование водного теплоносителя высокого качества упрощает также решение задач получения чистого пара, минимизации скоростей коррозии конструктивных материалов котлов, турбин и оборудования конденсатно-питательного тракта.

На современном этапе производство обессоленной воды на тепловых электростанциях осуществляется в основном химическими методами [1]. Большие количества химических реагентов и ионообменных смол, которые с отработанными регенерационными растворами сбрасываются в водоемы, оказывают на них отрицательное воздействие. Поэтому задачи удешевления подготовки обессоленной воды и снижения сбросов солей в водоемы для энергосистемы актуальны и своевременны.

Для удовлетворения разнообразных требований к качеству воды, потребляемой при выработке электрической и тепловой энергии, возникает необходимость специальной ее физико-химической обработки.

Все перечисленные проблемы касаются и Черепетской ГРЭС, для которой в настоящее время необходима новая технология водоподготовки.

Целью данной работы является исследование применяемых методов водоподготовки для тепловых электрических станций.

Для достижения цели были поставлены задачи:

- изучить значение водоподготовки и водного режима ТЭС;
- провести анализ и выбор наиболее подходящего метода водоподготовки.

Для решения поставленной цели проведен анализ существующих методов и схем водоподготовки на тепловых электрических станциях, определены тенденции в технологии водоподготовки отрасли.

Объектом исследования являлась технология водоподготовки, которая используется на Черепетской ГРЭС.

В настоящее время источником водоснабжения на Черепетской ГРЭС является водохранилище-охладитель с плотиной, сооруженной на р. Черепети. Площадь водосбора р. Черепети в створе плотины составляет 1000 м².

По химическому составу вода Черепетского водохранилища по соотношению главных ионов относится к гидрокарбонатно-кальциевой. По величине общей жесткости вода умеренно жесткая.

Как показало проведенное исследование, на станции существуют две линии подготовки воды для котлов. Первая линия включает энергоблоки первой и второй очереди, вторая линия состоит из блоков третьей очереди.

Для водоподготовки второй очереди энергоблоков (1 линия), производительностью 220 м³/час для очистки воды на предприятии применяется механическая очистка воды из источника. Вода проходит очистку на осветлителях и механических фильтрах. При коагуляции происходит укрупнение взвешенных и коллоидных частиц, а также поглощение ионов фильтрующими материалами.

Далее вода подается на основную ступень водоподготовки – ионный обмен. Здесь вода поступает на I ступень водород – катионирования и анионирования воды, где происходит нейтрализация щелочности и образование свободных минеральных кислот. Также поглощаются анионы сильных кислот: (SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻). Затем вода проходит II ступень водород-катионирования и анионирования. Предназначением этой ступени является поглощение катионов, проскочивших через фильтры первой ступени и анионов сильных кислот и некоторых растворенных органических веществ.

После ионного обмена, вода попадает в фильтры смешанного действия для более полного удаления катионов и анионов.

Вода, прошедшая цикл водоподготовки с использованием описанной схемы поступает в баки обессоленной воды.

В настоящее время из-за некоторых проблем с эксплуатацией очистных сооружений, а также наблюдающейся тенденции на таких предприятиях использовать для водоподготовки методов очистки с минимизацией применения реагентов, на Черепетской ГРЭС требуется разработка технологии водоподготовки на 1 линии второй очереди с использованием новейших решений.

Проведенное аналитическое исследование показало, что общепринятой в энергетике технологической схемой предварительной очистки воды является технология: коагуляция в осветлителях и доочистка на механических фильтрах с зернистой загрузкой.

Существенным недостатком традиционной технологии является использование больших объемов реагентов, возможность выноса шлама из осветлителя при незначительных изменениях параметров процесса (расход, температура, дозы реагентов и др.). При этом увеличивается нагрузка на механические и ионитовые фильтры. Возможен проскок взвеси и, соответственно неудовлетворительное качество осветленной воды.

Основным технологическим процессом водоподготовки повсеместно является метод ионного обмена.

Метод ионного обмена, заключающийся в использовании способности некоторых специальных материалов (ионитов) изменять в желаемом направлении ионный состав примесей воды, требует для восстановления обменной емкости ионитов большое количество концентрированных растворов щелочи и кислоты. Возникает необходимость наличия довольно сложного реагентного хозяйства, системы нейтрализации стоков. В процессе ионного обмена образуются высококонцентрированные сбросы.

Станции водоподготовки, на которых в качестве основного процесса используется ионный обмен, занимают большие производственные площади.

Как показал проведенный анализ, среди методов физико – химической очистки воды в настоящее время особое место занимает метод обратного осмоса.

Технология мембранной фильтрации по сравнению с традиционной технологией позволяет получить осветленную воду значительно лучшего качества по таким показателям как цветность, мутность, взвешенные вещества, окисляемость, железо.

Мембранные методы очистки воды классифицируются по размерам пор мембран в следующей последовательности: микрофильтрация воды – размер пор мембраны 0,1-1,0 мкм; ультрафильтрация воды - размер пор мембраны 0,01-0,1 мкм; нанофильтрация воды - размер пор мембраны 0,001-0,01 мкм; обратный осмос – размер пор мембраны 0,0001 мкм [2].

На основании вышеуказанных преимуществ перед традиционными методами для предварительной очистки воды в качестве основного технологического решения выбрана технология микрофильтрации. Данный метод позволяет получать осветленную воду высокого качества. Выбор технологии и оборудования предварительной очистки особенно важен для эффективной и длительной работы оборудования на следующих стадиях очистки, в особенности для работы обратноосмотических установок.

При выборе технологии водоподготовки для 1 линии водоподготовки на Черепетской ГРЭС нами принимались во внимание в первую очередь характеристика источников исходного сырья, требования к качеству конечного продукта, экологические требования, экономические показатели.

В качестве подготовительного этапа принята механическая очистка с использованием на конечном этапе микрофильтрации.

Основным процессом водоподготовки для новой схемы выбран обратный осмос.

Надлежащая предварительная подготовка воды должна свести до минимума: закупорку мембран взвешенными веществами, коллоидами, образование накипи, т.е. отложение на поверхности мембран малорастворимых соединений кальция и магния, разрушение мембран [3]. Основной фильтрующий элемент установки обратного осмоса - полупроницаемая мембра-

на. Обратный осмос требует минимального количества реагентов, прост в эксплуатации и занимает небольшие площади.

К недостаткам следует отнести высокую стоимость мембран и большой расход воды на собственные нужды. Однако в настоящее время наблюдается тенденция снижения стоимости мембран.

Результаты внедрения новой технологии водоподготовки позволят:

- обеспечить стабильные результаты водоподготовки;
- сократить объемы хранения опасных веществ на станции;
- сократить расход химических реагентов на очистку воды;
- сократить используемые площади;
- сократить численность обслуживающего персонала станции.

Список литературы

[1] Использование воды в теплоэнергетике. URL: http://www.physic-explorer.ru/ispolzovanie_vodi_v_teploenergetike-288-1.html (дата обращения 25.03.2016).

[2] Промышленная и бытовая мембранная очистка воды. URL: <http://superfilter.ru/membranes.htm> (дата обращения 25.03.2016).

[3] Новая химводоподготовка. URL: http://www.tatgencom.ru/images/gencom/expo-2011/download/water_preparation_08.pdf (дата обращения 25.03.2016).

Зубов Сергей Геннадьевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана.
E-mail: hop.off@yandex.ru

Яковлева Ольга Владимировна - канд. техн. наук, доцент кафедры "Промышленная экология и химия" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

Л.А. Крылова, О.В. Яковлева

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ АЭРОТЕНКА И БИОФИЛЬТРА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Среди современных негативных факторов, оказывающих влияние на окружающую природную среду, являются сбросы сточных вод в природные водоемы. Самой объемной по образованию категорией стоков являются бытовые сточные воды. Общее количество бытовых сточных вод, прежде всего, зависит от норм водоотведения, определяемых уровнем благоустроенности населенных мест.

Организация эффективной очистки стоков позволяет избежать нанесения возможного ущерба природной среде.

Основным методом очистки бытовых сточных вод является биологическая очистка. Биологические методы очистки основаны на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов.

Методы биологической очистки могут быть представлены сооружениями различного типа, начиная от простых технологий, заканчивая современными системами, например, организацией зонирования, с активным илом или прикрепленной микрофлорой. Достаточно простые технологии используются в основном для удаления органики [1].

Два основных типа сооружений биологической очистки воды, биологические фильтры и системы с активным илом, формируют различные условия жизнедеятельности для микроорганизмов. Это обуславливает несколько разный подход при проектировании сооружений биологической очистки бытовых стоков с использованием данных сооружений.

Целью работы являлось проведение сравнения эффективности работы биофильтра и аэротенка в обычных условиях.

Для этого необходимо было провести детальное исследование работы данных сооружений, процессов, протекающих в сооружениях, эффективность очистки при одинаковых условиях, возможности интенсификации их работы.

В настоящее время в качестве сооружений биологической очистки широко применяют биофильтры и аэротенки различной конструкции. Выбор сооружений для биологической ступени очистки решает общий эффект очистки стоков.

При изучении процессов очистки, протекающих в данных сооружениях можно отметить, что деструкция органических соединений происходит в аэробных условиях и в биофильтрах, и в аэротенках.

В процессе жизнедеятельности большинство микроорганизмов деструктируют органические загрязнения при одновременном потреблении кислорода, при этом восполняется запас энергии и «строительного материала», для

производства новых микроорганизмов. Эффективность удаления биогенных элементов определяется известным соотношением БПК:N:P – 100:5:1[2].

Однако эти сооружения биологической очистки формируют различные условия жизнедеятельности микроорганизмов.

В аэротенке «работает» активный ил, который за счет подаваемого в сооружение воздуха, находится в подвижном состоянии. Микроорганизмы активного ила, перемешиваясь, контактируют с загрязнениями сточных вод, осуществляя процесс очистки.

В аэротенках микроорганизмы, выделенные из активного ила, относятся к различным родам: *Actynomyces*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Corynebacterium*, *Desulfomonas*, *Pseudomonas*, *Sarcina* и др. [2]. Наиболее многочисленны бактерии рода *Pseudomonas*, которые наиболее всеядны. В зависимости от состава поступающих на очистку сточных вод, та или иная группа бактерий может оказаться преобладающей, а остальные становятся спутниками основной группы.

В биофилтре «работает» биопленка. Загрузка биофильтров (щебень, гравий, керамзит, пластмасса и т.д.) обрастает биопленкой, густозаселенной микроорганизмами, которые проводят процесс очистки в данном сооружении.

В биопленке биофильтров встречаются более разнообразные представители простейших, колероваток, червей, чем в активном иле. Личинки комаров и мух, черви и клещи поедают активный ил и биопленку, вызывая их рыхление. Это способствует процессу очистки.

Принципы формирования аэробных методов очистки с различными условиями жизнедеятельности микроорганизмов приведены на рисунке 1.

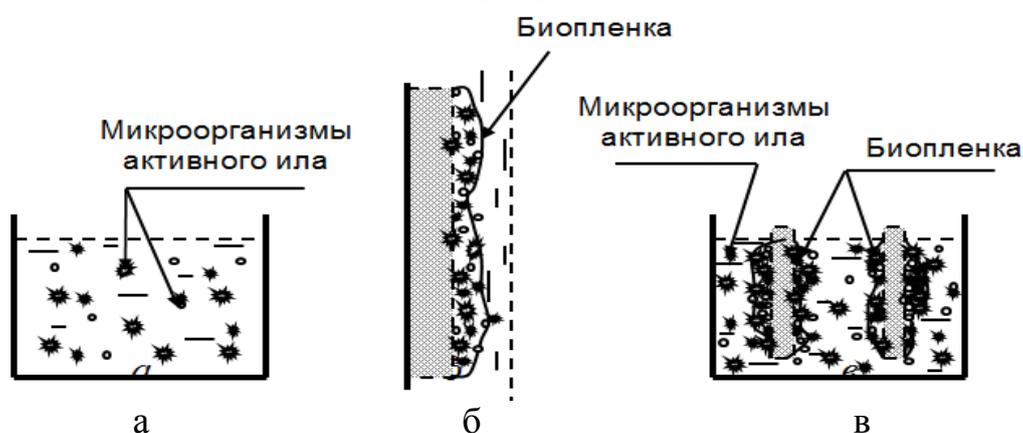


Рис. 1. Принципы функционирования аэробных методов очистки
а – с активным илом; б – с биопленкой;
в – с активным илом и биопленкой

Процессы очистки в аэротенках и на биофильтрах проходят в аэробных условиях, однако сам процесс протекает по-разному.

На биофилтре сточная вода проходит через загрузку биофильтра, оставляет в ней не растворенные примеси, не осевшие в первичных отстойниках, а также коллоидные и растворенные органические вещества, абсорбируемые биологической пленкой. Густо заселяющие биопленку микроор-

ганизмы окисляют органические вещества. Таким образом, из сточной воды удаляются органические вещества, и в то же время увеличивается масса активной биологической пленки в сооружении. Отработанная и омертвевшая пленка смывается протекающей сточной водой и выносится из тела биофильтра. Необходимый для биохимического процесса кислород воздуха поступает в толщу загрузки путем естественной и искусственной вентиляции фильтра [3].

В аэротенках процесс очистки осуществляется в коридорах сооружения культурой активного ила, находящегося во взвешенном состоянии за счет подачи системой аэрации воздуха или кислорода для интенсификации. Проведение этого процесса очистки должно приводить к полной минерализации отходов до простых солей, газов и воды. На практике очищенная вода и активный ил из аэротенка подаются во вторичный отстойник, где происходит отделение активного ила от воды [4].

Опыт эксплуатации водоочистных станций показал, что по сравнению с системами с активным илом биологические фильтры менее чувствительны к пиковым нагрузкам токсичных веществ. В то же время, по определенному количеству показателей системы с активным илом превосходят биологические фильтры (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение методов очистки сточных вод с помощью биологических фильтров и систем с активным илом

Характеристики	Биологические фильтры	Системы с активным илом
Капитальные затраты	Высокие	Низкие
Эксплуатационные расходы	Низкие	Высокие
Площадь, занимаемая сооружением	Большая	Небольшая
Регулирование аэрации	Частичное (за исключением систем с принудительной аэрацией)	Полное
Регулирование температуры	Затруднено из-за больших потерь тепла	Полное; потери тепла минимальные
Чувствительность к колебаниям концентраций загрязняющих веществ в сточных водах	Низкая; восстановление чувствительности происходит медленно	Высокая; но восстановление чувствительности происходит быстро
Прозрачность очищенной воды	Хорошая	Не достаточно хорошая
Неприятный запах	Присутствует	Отсутствует

В настоящее время на очистных сооружениях существует большая проблема с очисткой сточных вод от биогенных элементов. И аэротенки, и биофильтры проводят очистку данного типа загрязнений. Однако, проведенное исследование показало, что больше возможностей наблюдается для осуществления более гибкого регулирования процесса очистки от этого вида загрязнений в аэротенках (организация «каруселей», чередование анаэробных и аэробных зон и т.д.).

Интересным решением, которое сочетает процессы очистки в аэротенке с процессами на биофильтре, является использование в аэротенках дополнительно системы ершей (сеток) с прикрепленной культурой. Система с иммобилизованными на мобильном носителе клетками отличается от биофильтров своей экономичностью (используются высокие концентрации микроорганизмов, нет необходимости осажать конечные продукты).

На основании проведенного анализа работы аэротенков и биофильтров можно сделать вывод о том, что определенные достоинства и недостатки наблюдаются в эксплуатации и тех и других сооружений. При проектировании необходимо руководствоваться количественными и качественными показателями поступающих на очистку сточных вод, предъявляемым требованиям к очищенным сточным водам.

Список литературы

[1] Биологическая очистка сточных вод. URL: <http://voda96.com/2uncategorised/20%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%> (дата обращения 28.01.2016)

[2] Активный ил. Биологическая очистка сточных вод. URL: <http://escoenergy.com.ua/articles-17.html> (дата обращения: 28.01.2016)

[3] Ветошкин А.Г. Инженерная защита водной среды. [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург, 2014. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/49467/page198/> (дата обращения: 01.02.2016)

[4] Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Москва, Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2009, 704 с.

Крылова Любовь Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: lyub.al.krylova@yandex.ru

Яковлева Ольга Владимировна - канд. техн. наук, доцент кафедры "Промышленная экология и химия" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

Е.В. Попова, М.И. Морозенко

ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАЗМЕННОЙ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Быстрое развитие экономики привело к ежегодному увеличению твердых бытовых и промышленных отходов. Утилизация отходов должна сопровождаться безопасными, эффективными экологически чистыми технологиями.

В настоящее время полигоны твердых бытовых отходов (ТБО), на которых происходит захоронение, занимают большие земельные территории, а также могут привести к серьезным проблемам в окружающей среде, отчуждению земель, аварийному загрязнению грунтовых вод. К тому же объем территорий, которые можно использовать для устройства полигона, очень ограничен, поэтому современным решением для утилизации ТБО стало сжигание. Эта технология была разработана с целью уменьшения общего объема отходов и использования отходящего газа для производства энергии.

В процессе сжигания происходит выброс загрязняющих веществ, таких как NO_x , SO_x , HCl , выбросы органических соединений и тяжелых металлов, образуются диоксины, дифенилы, присутствие которых в отходящих газах значительно осложняет их очистку из-за малой концентрации этих высокотоксичных соединений [1].

Развитие экологически безвредных технологий переработки твердых бытовых отходов актуально в настоящее время. Существует технология высокотемпературной газификации, эффективность которой в мире уже доказана. Экспериментальные работы [2,3] показали, что предварительный нагрев газифицирующего агента может резко сократить потребность в воздухе, поэтому концентрация негорючих газов (N_2 и CO_2) в получаемом синтез-газе соответственно уменьшится [4].

Еще одним преимуществом подогрева газифицирующего агента является то, что выход смолы может быть значительно снижен из-за высокой температуры. Использование газифицирующего вещества при высокой температуре имеет свои преимущества, включая большую стабильность системы. Качество синтез-газа становится менее чувствительным к изменениям размеров частиц, температуре нагрева и влажности ТБО.

Данная технология является еще более перспективной при использовании в качестве газифицирующего агента высокотемпературного пара.

Альтернативой методам сжигания и высокотемпературной газификации является плазменная технология разложения сложных молекул всех веществ в простые при условиях экстремально высоких температур и при отсутствии свободного кислорода. Сочетание плазменной технологии и газификации привело к новой технологии утилизации ТБО названной плазменной газификацией (PGM). Данная технология экспериментально проверена учеными Моустакас К., Датта Д. и др., они построили модель процесса и определили основные эксплуатационные характеристики, также проанализировали влия-

ние данного процесса на окружающую среду [5]. Исследования данной технологии проводились и в странах СНГ при сотрудничестве с российскими специалистами [6, 7]. Технологическая схема процесса показана на рисунке 1.

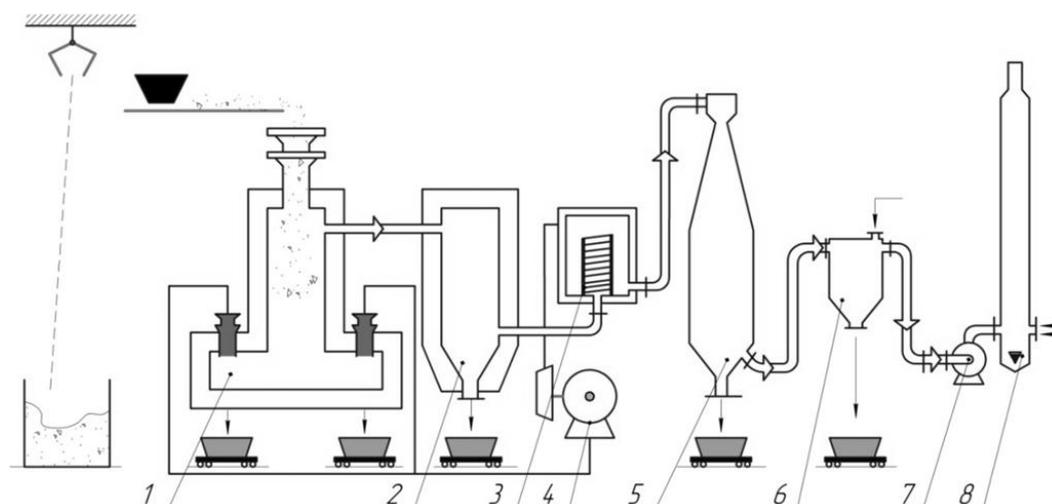


Рис. 1. Схема плазменной газификации ТБО

- 1 – плазменный химический реактор; 2 – вторичный сжигатель; 3 – котел-утилизатор; 4 –электрогенератор; 5 –скруббер; 6 – рукавный фильтр; 7 – выпускной вентилятор; 8 – выпускной скруббер

Твердые бытовые отходы подаются в реактор через воздухонепроницаемую камеру подачи, которую размещают в верхней части плазменного реактора, в котором происходит газификация. Горячий дымовой газ от сгорания отходов направляется в котел-утилизатор для генерации пара, который является рабочим телом паровой турбины. Электроэнергия от ТБО с одной стороны может обеспечивать питание плазматронов и системы в целом, а также может быть продана сторонним пользователям. Летучая зола, оксиды серы из газа удаляются в скруббере. Твердый остаток плавят плазменной струей и собирают в шлаковые коллекторы.

Для измерения распределения температуры внутри плазмы термопары распределяют вдоль печи и в трубопроводе газа. Положение термопар зависит от высоты расположения их от дна реактора ($H, м$). Если высота $H < 1 м$, то термоэлементы расположены в стенке реактора за огнеупорным слоем. Если выполняется условие $1 \leq H \leq 2 м$, то термопары размещают как позади огнеупорного слоя, так и внутри реактора. Для $H \leq 2 м$ термопары помещают внутри реактора. Из закона Фурье, поток тепла ($q, Дж$) через стенки реактора можно записать в виде уравнения:

$$q = \lambda_1 \frac{(T_1 - T_0)}{\Delta\chi_1} = \lambda_2 \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta\chi_2},$$

где λ_1 - средний коэффициент теплопроводности стенки реактора снаружи огнеупорного слоя, $Вт / (м \cdot К)$; λ_2 - коэффициент теплопроводности огнеупорного слоя, $Вт / (м \cdot К)$; T_0, T_1, T_2 - температуры наружной поверхности стенки, за огнеупорным слоем и внутри реактора соответственно, $К$; $\Delta\chi_1$ -

толщина стенки реактора снаружи огнеупорного слоя, м; $\Delta\chi_2$ - толщина огнеупорного слоя, м.

На основании того, что материал стенок реактора однородный, температура внутри реактора при условии $H < 1$ может быть вычислена по следующей формуле:

$$T_2 = \frac{\lambda_1 \Delta\chi_2 (T_1 - T_0)}{\lambda_2 \Delta\chi_1} + T_1$$

Таким образом, показана эффективная технология утилизации твердых бытовых и промышленных отходов. Процесс плазменной газификации является весьма эффективным и имеет определенные экологические преимущества в сравнении с другими технологиями переработки ТБО, поскольку не дает существенных выбросов в атмосферу, позволяет получать электрическую энергию за счет высокого энергетического потенциала синтез-газа и способствует более рациональному использованию природных ресурсов. В условиях развития потребления в обществе и постоянно увеличивающегося количества образующихся отходов, применение плазменных технологий позволит эффективно утилизировать отходы и получать из них вторичные коммерческие продукты.

Список литературы:

- [1]. Ahmed I, Nipattummakul N, Gupta AK. Characteristics of syngas from co-gasification of polyethylene and woodchips. *Appl Energy* 2011, vol. 88, ss.165–74.
- [2]. Gomez E, Amutha RD, Cheeseman CR, Deegan D, Wise M, Voccacini AR. Thermal plasma technology for the treatment of wastes: a critical review. *J Hazard Mater* 2009, vol. 161, ss. 614–26
- [3]. Moustakas K, Xydis G, Malamis S, Haralambous KJ, Loizidou M. Analysis of results from the operation of a pilot plasma gasification/vitrification unit for optimizing its performance. *J Hazard Mater* 2008, vol. 151, ss. 473–80
- [4]. Thomas M. Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal. *Waste Manage* 2014, vol. 24, ss. 53–79.
- [5]. Moustakas K, Datta D, Malamis K, Loizidou M. Demonstration plasma gasification/vitrification system for effective hazardous waste treatment. *J Hazard Mater* 2013, vol. 123, ss. 120–6.
- [6]. Петров С.В., Бондаренко С.Г., Дидык Е.Г., Дидык А.А. Управление процессом плазменной переработки твердых органических отходов. Киев. - 2009 г. URL: <http://plazer.com.ua/docs/pdf/upravlenie.pdf> (Дата обращения 10.10.2015)
- [7]. Qinglin Zhang, Liran Dora, Dikla Fenigshteina, Weihong Yangb, Wlodzimir Blasiakb. Gasification of municipal solid waste in the Plasma Gasification Melting process. *Applied Energy* 2012, vol. 90, ss. 106-112.

Попова Елизавета Владимировна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: elis-afff@yandex.ru

Морозенко Мария Ивановна - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: mororzenro_mi@mail.ru

СЕКЦИЯ 7.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И КОМПЛЕКСАХ

Р.И. Первов, А.И. Пономарев

АНАЛИЗ ПОДВЕСОК КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ И ЛЕГКИХ АВТОБУСОВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Сейчас уже не редкость на коммерческом транспорте и внедорожниках сочетание передней независимой и задней зависимой подвесок. Рассмотрим схемы подвесок ведущих осей коммерческих автомобилей и легких автобусов.

Подвеска на продольных листовых рессорах (рис. 1) состоит из балки моста 1, рессоры 2. Подвеска работает следующим образом: ведущие колеса через балку моста передают усилие от дороги рессорам, выполняющим функции не только демпфирующего, но и направляющего аппарата. Рессора, в свою очередь, передает усилие на раму (кузов) автомобиля.

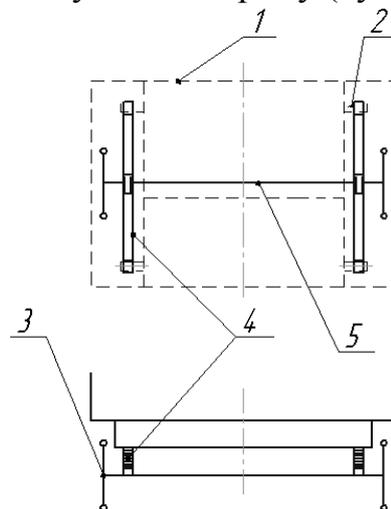


Рис. 1. Рессорная подвеска

1 – осто́в; 2 – кронштейн рессоры; 3 – колесо; 4 – рессора листовая;
5 – балка моста

Наиболее простой является рессорная зависимая подвеска. В ней упругим элементом является пакет листов из пружинной стали – рессора. Рессора является одновременно демпфирующим, направляющим и отчасти гасящим (сейчас ставят амортизаторы), за счет межлистового трения.

Рессорная подвеска имеет прогрессивную характеристику, что позволяет применять при большой разнице между порожним состоянием и полностью нагруженным.

Главным недостатком такой подвески является неоптимальная кинематика. При наезде на препятствие одним из колес, балка моста меняет свое положение (подруливает), что вызывает существенные траекторные отклонения на больших скоростях.

Кроме того, рессоры имеют недостаточную жесткость в поперечном направлении. Это вызывает кроме траекторных отклонений, неоднозначные реакции на руление и коррекции траектории движения, существенно затрудняя движение.

Более современный вариант рессорной подвески – малолистовых (однолистовых) четверть эллиптических рессорах несколько снижает этот эффект, однако полностью не решает проблему.

Боковая жесткость подвески наиболее актуальна для грузовых автомобилей, так как значительная доля нагрузки приходится на заднюю ось.

Дальнейшее развитие зависимых подвесок обусловило отказ от листовых рессор и появление направляющего аппарата.

Зависимая пружинная подвеска (рис. 2) состоит из балки моста, реактивных штанг и поперечной тяги, образуя направляющую систему подвески. Функцию демпфирующего элемента выполняет пружина, а гасящего – амортизатор.

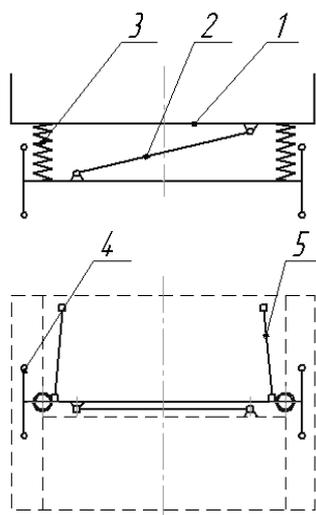


Рис. 2. Зависимая пружинная подвеска
1 – осто́в; 2 - тяга поперечная; 3 – упругий элемент; 4 – колесо;
5 – штанга реактивная

Благодаря достаточной жесткости реактивных штанг, угловые перемещения балки моста незначительны, а от поперечных перемещений удерживает поперечная тяга.

Существенным недостатком подвесок такого типа является наличие большого количества резинометаллических шарниров, что отрицательно сказывается на надежности. Но главный недостаток заключается в том, что при перемещении кузова автомобиля балка моста смещается в бок (рис.3). Смещение в бок так же вызывает затруднение в управлении автомобилем.

В современных автомобилях нашли применение полунезависимые подвески со скручивающейся балкой, изображенной на рисунке 4.

Подвеска состоит из балки U – образного сечения, работающей как торсион, продольных рычагов и пружин. Такая подвеска имеет простую конструкцию, малое количество деталей, что позволяет сократить затраты на техническое обслуживание и упростить ремонтные операции.

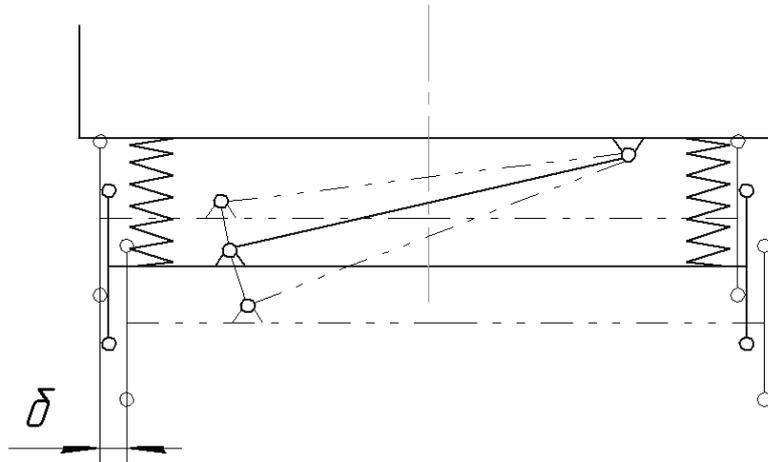


Рис. 3. Влияние движения кузова автомобиля на положение ведущего моста

Однако данный тип подвесок имеет следующие недостатки: подруливание на высоких скоростях из-за того, что скручивании балки происходит изменение углов установки колес. Но главным недостатком такой подвески – затруднение использования ее для ведущих мостов.

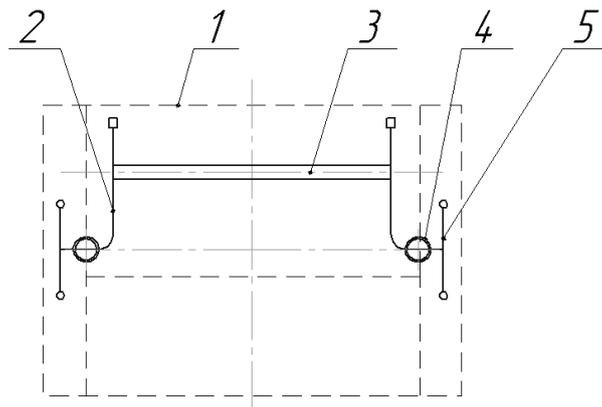


Рис. 4. Полузависимая подвеска со скручивающейся балкой
 1 – осто́в; 2 – рычаг продольный; 3 – балка торсионная;
 4 – упругий элемент; 5 – колесо

Пневматическая подвеска с резинокордными упругими элементами и автоматическим регулированием положения кузова

На рисунке 5 представлена принципиальная схема пневматической подвески. Упругий элемент 1, размещенный между рамой 3 автомобиля и осью 2, соединен с дополнительным резервуаром 4. Воздухопровод 5 соединяет резервуар с регулятором 6 положения кузова, укрепленным на раме. К регулятору подводится воздух под давлением от компрессора 7 через резервуар 8. Давление в резервуаре 8 должно быть выше, чем в упругом элементе. Привод к регулятору осуществляется через рычаг 9 и тягу 10 от оси автомобиля [1-3].

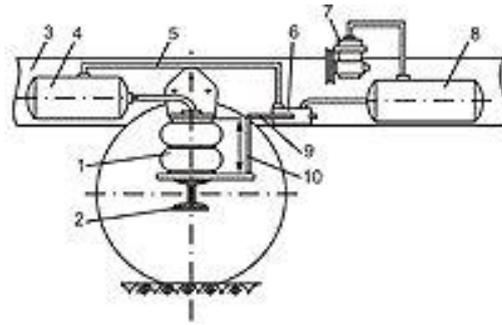


Рис. 5. Принципиальная схема пневматической подвески с резинокордными упругими элементами и автоматическим регулированием положения кузова

1 - упругий элемент; 2 - ось автомобиля; 3 - рама автомобиля;
4 - дополнительный воздушный резервуар; 5 - воздуховод; 6 - регулятор положения кузова; 7 - компрессор; 8 – резервуар

Вывод: анализ конструкций автомобилей показывает, что весовой коэффициент использования автомобиля, определяемый отношением полезной нагрузки к собственному весу, непрерывно увеличивается. Стремление к минимальному собственному весу, увеличению весового коэффициента использования автомобиля и максимальной комфортности приводит к тому, что подвески со стальными рессорами уже не всегда способны вписываться в предъявляемые к ним требования. Во многих случаях подвеска должна обеспечивать:

- максимальную плавность хода при отсутствии значительных взаимных смещений подрессоренных и непрорессоренных частей автомобиля;
- минимальный просвет между кузовом (шасси) и осями;
- постоянство высоты подножки или уровня пола при изменении нагрузки.

При линейных характеристиках традиционных упругих элементов не удается добиться приемлемой частоты собственных колебаний, равной $90-120 \text{ мин}^{-1}$, что вынуждает конструкторов обращаться к упругим элементам с нелинейной, прогрессивной характеристикой: пневматическим или гидропневматическим, обладающим целым рядом достоинств.

Вывод: учитывая, что стоимость изготовления пневмоподвесок почти сравнялась со стоимостью рессорных подвесок, применение первых позволяет получить большой технико-экономический эффект.

Список использованных источников:

[1] Аверьянов Г.С., Качанов Г.К., Фитилев Б.Н. (СССР) *Пневматическая подвеска* А.с. 968536 СССР, бюл. № 39, 1989.

[2] Фитилев Б.Н., Аверьянов Г.С., Бельков В.Н. *Пневматическая подвеска* А.с. 842295 СССР, бюл. № 24, 1981.

[3] *Пневматическая подвеска*. URL: <http://pnevmpodveska-club.ru/topic/682-podveska-avtomobilia-vidy-podvesok/> (дата обращения: 30.03.2016 г.)

Первов Роман Игоревич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана.
E-mail: znakdoma@yandex.ru

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

А.И. Пономарев, А.А. Калинин

ВЫБОР ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Усилители рулевого управления автомобилей создаются и развиваются несколько десятилетий. Это вызвано увеличением выпуска автомобилей, ростом конкуренции, повышением скорости и необходимостью повышения маневренности. Первоначально были разработаны и созданы гидроусилители. Это обуславливалось отсутствием требуемых электронных компонентов и недостаточной мощностью автономного источника питания. Появление высокомоментных двигателей и силовых ключей дало толчок к разработке и развитию электроусилителя руля (ЭУР). За время использования ЭУРа были выявлены недостатки и поломки узла. Для проверки работоспособности и устранения ошибок и неполадок ЭУРа были проведены экспериментальные исследования и были выбраны приборы для устранения ошибок. Так же был создан стенд для испытания электроусилителя руля.

Методы диагностики ЭУРа. Рулевой механизм, в составе которого работает электроусилитель руля, является важным узлом автомобиля. От его технической исправности зависит безопасность эксплуатации и нагрузка на водителя. Все это требует оперативной диагностики ЭУР.

Наибольшее распространение получили два метода диагностики: Тестовый (ТМГ) и функциональный (ФМГ). Первый метод подразумевает подачу тестовых сигналов на объект диагностирования с внешнего устройства и анализ этим же устройством ответных сигналов с объекта. Метод функциональной диагностики базируется на анализе сигналов объекта, находящегося в рабочем режиме. Для рассматриваемого случая тестовый метод можно применять на станциях обслуживания и ремонта, а функциональный метод должен использоваться в процессе эксплуатации ЭУР.

Разработка испытательного стенда. Для обеспечения наладки и контроля работоспособности ЭУР был разработан испытательный стенд. Он необходим для проведения комплексных измерений, как в статике, так и в динамике и настройки узлов ЭУР для различных применений. Режимы работы ЭУР зависят от многих факторов. В связи с этим стендовое оборудование должно обеспечивать исследование ЭУР во всех возможных режимах работы. Испытательный стенд состоит из следующих узлов:

- задающий электропривод (ЗЭП) - имитатор работы водителя;
- ЭУР в комплекте с управляющим устройством и кинематической цепью;
- нагружающий электропривод (НЭП) - имитатор моментов нагрузки, сопротивления и реакции дороги;
- измерительная и регистрирующая аппаратура.

Предъявляемые моментные и частотные требования к ЭУР позволяют определить необходимые параметры задающего и нагружающего электропривода: развиваемые моменты – не менее 25 Нм, полоса пропускания – не менее 5 Гц.

Анализ показывает, что задающий электропривод представляет собой реверсивный регулируемый ЭП, удовлетворяющий указанным выше требованиям. На него подаются управляющие (имитирующие) сигналы, при этом работа задающий электропривод приводит к скручиванию торсиона. Сигнал с датчика момента включает в работу ЭУР. Для контроля работоспособности необходимо сравнивать токи в цепи якоря задающий электропривод при работающем и выключенном ЭУР в различных режимах эксплуатации.

Приведена функциональная схема испытательного стенда. Он работает следующим образом. С задающего генератора (ЗГ) сигнал, регулируемый по частоте и амплитуде, поступает на вход задающего электропривода. Момент, развиваемый задающий электропривод оценивается по величине тока, протекающего в якорной цепи.

ЭУР находится на одной оси с задающим электроприводом и развивает момент, пропорциональный углу скручивания торсиона. Нагружающий электропривод работает в тормозном режиме, имитируя моменты нагрузки и автоматического вращения рулевого колеса (АВРК). Момент нагружающего электропривода должен быть равен:

$$M_{НЭП} = \frac{-1}{V} (K_1 \alpha_p + K_2 \frac{d\alpha_p}{dt}), \quad (1)$$

где K_1 и K_2 - коэффициенты пропорциональности по углу поворота и скорости вращения рулевого колеса

Для стенда уравнение баланса моментов принимает вид:

$$M_{ЗЭП} + M_{ЭУР} - M_{НЭП} . \quad (2)$$

Сравнивая выражения (1) и (2), можно сделать вывод, что момент оператора (водителя) $M_{ОП}$ заменяется моментом $M_{ЗЭП}$, а момент нагрузки M_H заменяется на $M_{НЭП}$. Замещающие моменты должны в полном объеме имитировать реальные.

В процессе проведения исследований был создан испытательный стенд (рисунок 1), который позволяет имитировать моменты нагрузки без режима АВРК.

На рисунке видны основные элементы стенда: торсион (Т), датчик момента (ДМ), вентильный двигатель (ВД), нагружающее устройство (НУ). В качестве нагружающего устройства используется электромагнитная муфта. Момент нагрузки в такой схеме пропорционален току, протекающему в цепи питания муфты. На стенде видны измерительные приборы, позволяющие контролировать режимы работы ЭУР. При создании датчика момента была реализована схема с использованием двух вращающихся трансформаторов. В стенде используется безредукторный вариант электромеханизма на базе электродвигателя ДБМ-185.

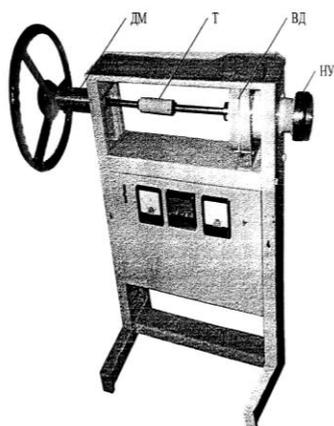


Рис. 1. Испытательный стенд

В данной работе был доработан испытательный стенд (рис. 2) для проверки и снятия данных по электросилителю рулевому управлению. Данный стенд имеет преимущество в габаритах, в возможности проверки сразу целого узла и электросилитителя с его деталями. К испытательному стенду, а именно, к ЭУР был вмонтирован электронный блок управления, с которого при помощи программы Лабвью можно снимать такие показатели, как входной и выходной момент на ЭУР; усилие на рулевом колесе; угол скручивания торсиона при различных нагрузках; проверка электрической цепи на обрыв и неисправность.

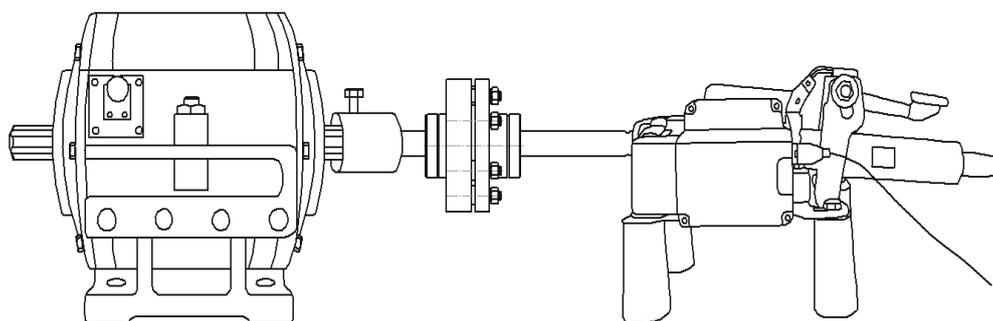


Рис. 2. Испытательный стенд

Список использованных источников:

- [1] Доманов А.В. Разработка и исследование электросилитителя рулевого управления легковых автомобилей на основе бесконтактных двигателей. Дис. канд. Тех. Наук. Ульяновск, 2002, 135 с.
- [2] Крюков А.И., Палагута К.А., Широков Л.А. Моделирование работы усилительной электромеханической системы рулевого управления. Сер. Машиностроение и инженерное образование, 2013, № 4, с. 45.
- [3] Мозгалецкий А.В., Калявин В.П., Костанди Г.Г. Диагностирование электронных схем. Судостроение, 1984, с. 224.

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

Калинин Александр Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: esp1614@yandex.ru

А.Н. Драчев, Н.П. Кодинцев, С.А. Голубина

ДИАГНОСТИКА НАЖИМНОГО ДИСКА СЦЕПЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ВАЗ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Сцепление предназначено для кратковременного разобщения коленчатого вала двигателя от трансмиссии и последующего их плавного соединения, необходимого при трогании автомобиля с места и после переключения передач во время движения, также сцепление предохраняет детали трансмиссии от перегрузок.

Вращающиеся детали сцепления относят или к ведущей части, соединенной с коленчатым валом двигателя, или к ведомой части, разобщаемой с ведущей при выключении сцепления. В зависимости от характера связи между ведущей и ведомой частями различают фрикционные, гидравлические и электромагнитные (порошковые) сцепления. Наиболее распространены фрикционные сцепления, у которых крутящий момент передается с ведущей части на ведомую силами трения, действующими на поверхностях соприкосновения этих частей. Крутящий момент передается через сцепления без преобразования — момент на ведущей части M_1 равен моменту на ведомой части M_2 .

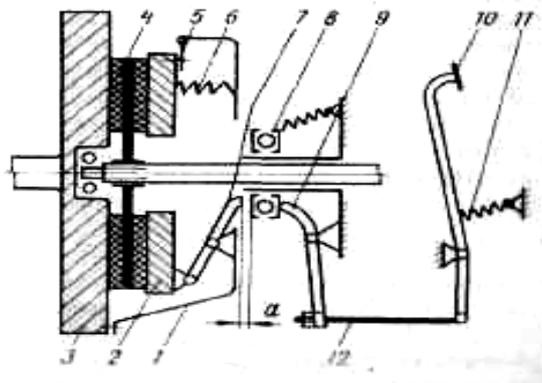


Рис. 1. Схема фрикционного сцепления

- 1 – кожух, 2 – нажимной диск, 3 – маховик, 4 – ведомый диск, 5 – упругие пластины, 6 – пружины, 7 – рычаги, 8 – муфта выключения с подшипником, 9 – вилка, 10 – педаль, 11 – пружина, 12 – тяга

Фрикционное сцепление показано на рисунке 1. К ведущей части относят *маховик* 3 двигателя, *кожух* 1 и *нажимной диск* 2, к ведомой — *ведомый диск* 4. *Нажимной диск* 2 соединен с *кожухом* 1 упругими пластинами 5 или какой-то другой подвижной связью. Это обеспечивает передачу крутящего момента от кожуха на нажимной диск и перемещение на-

жимного диска 2 в осевом направлении при включении и выключении сцепления. Кроме того, во фрикционном сцеплении выделяют группу деталей, осуществляющих включение — выключение и привод сцепления.

Включение сцепления происходит под действием силы, создаваемой *пружинами* 6, а выключение — в результате преодоления этой силы при повороте *рычагов* 7 (обычно их три или четыре) относительно точек их крепления к кожуху 7. *Рычаги* 7 вращаются вместе с кожухом, поэтому для передачи на них воздействия от невращающихся деталей используется муфта выключения с *выжимным подшипником* 8. Муфта перемещается вилкой 9. К приводу сцепления относят *педаль* 10, *тягу* 12, пружину 11, *вилку* 9.

Если *педаль* 10 отпущена, то сцепление включено, так как ведомый диск 4 зажат между *маховиком* 3 и нажимным диском 2 усилием пружин 6. При нажатии на *педаль* 10 сцепление выключается, так как муфта выключения с подшипником 8, перемещаясь вдоль оси по направлению к маховику, поворачивает рычаги 7 и нажимной диск 2 отодвигается от ведомого диска 4[1].

На рисунке 2 изображен нажимной диск с кожухом в сборе. Существует две основные причины выхода из строя нажимного диска: износ поверхности трения М и износ опорного пояса в месте С.

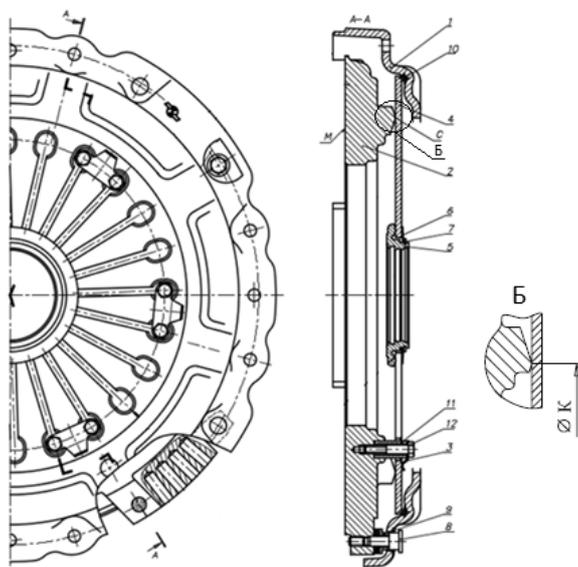


Рис. 2. Нажимной диск с кожухом в сборе

- 1 – кожух сцепления с пластинами, 2 – диск нажимной, 3 – скоба,
 4 – пружина нажимная сцепления, 5 – кольцо упорное, 6 – шайба пружинная,
 7 – кольцо стопорное, 8 – болт нажимного диска,
 9 – втулка, 10 – кольцо упорное кожуха, 11 – втулка, 12 – болт

Износ поверхности трения нажимного диска оценивается замерами штангенциркулем или высотомером. За величину износа поверхности трения принимается размер между поверхностью нажимного диска, находив-

шейся в контакте с фрикционной накладкой и поверхностью не находившейся в контакте с накладкой. Диски после длительной эксплуатации могут иметь неплоскостность (коробление) поверхности трения, которое представляет собой коническую поверхность и оценивается с помощью лекальной линейки и щупа (рис. 3).

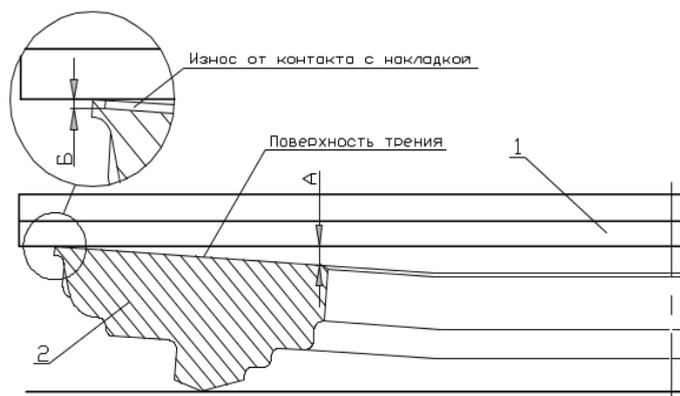


Рис. 3. Замер коробления нажимного диска

1 – лекальная линейка, 2 – нажимной диск, А – величина зазора между поверхностью трения и кромкой линейки, Б – величина износа поверхности трения от контакта с накладкой, $K = A - B$

Величина износа опорного пояса определяется в соответствии с рисунком 4, с помощью шаблона и набора щупов, а также стандартного радиусомера для $R=2,5\text{мм}$. При размере «И» более 0,2 мм опорный пояс рекомендуется восстановить проточкой конических поверхностей на глубину не более 1 мм с обеспечением размера диаметра К в зависимости от модели диска с плавным сопряжением конических поверхностей радиусом $R=2,5-0,25\text{ мм}$ и с шероховатостью $Ra = 2,5\text{ мкм}$ [2].

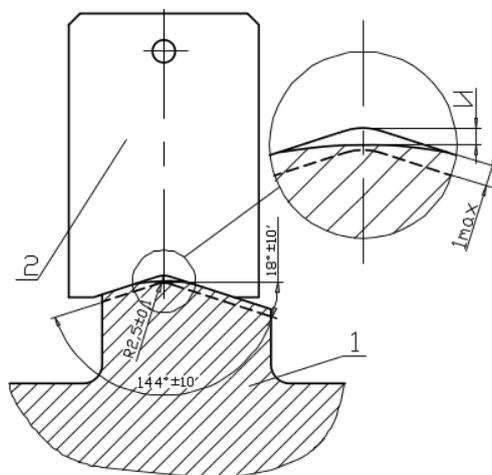


Рис. 4. Определение величины износа опорного пояса

1 – нажимной диск, 2 – шаблон, И – величина износа опорного пояса

Таким образом, разработанная диагностика нажимного диска сцепления позволяет выявить степень износа выходящих из строя поверхностей, а также ремонтпригодность данной детали и способ восстановления сработавшихся частей диска.

Список использованных источников:

[1] *Назначение и основные виды сцепления.* URL: <http://www.autoplazma.ru/?p=71> (дата обращения: 27.03.2016)

[2] Тимашев В.П., Малинин В.А., Гурылев С.А. *Справочное пособие по ТО и ремонту однодисковых сцеплений с диафрагменной пружиной.* Ярославль, 2005, 63 с.

Драчев Александр Николаевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: alexandr92dr@mail.ru

Кодинцев Николай Павлович- канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: k4kf@bmstu-kaluga.ru

Голубина Светлана Александровна - канд. техн. наук, старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: k4kf@bmstu-kaluga.ru

А.А. Заяц, А.И. Пономарев

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОЙКИ ДНИЩА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Любой автолюбитель старается следить за чистотой и внешним видом своего автомобиля. Для этого автовладельцам приходится прибегать к помощи специализированных автомоечных станций.

Много машин моют самостоятельно, не прибегая к помощи специализированных моечных станций, но как показывает практика, данные автовладельцы рискуют потерять красоту и первичный блеск лакокрасочного покрытия автомобиля, так как при самостоятельном мытье происходит образование царапин со временем переходящих в микротрещины и происходит постепенное разрушение покрытия. Во избежание этого автовладельцы посещают автомоечные станции.

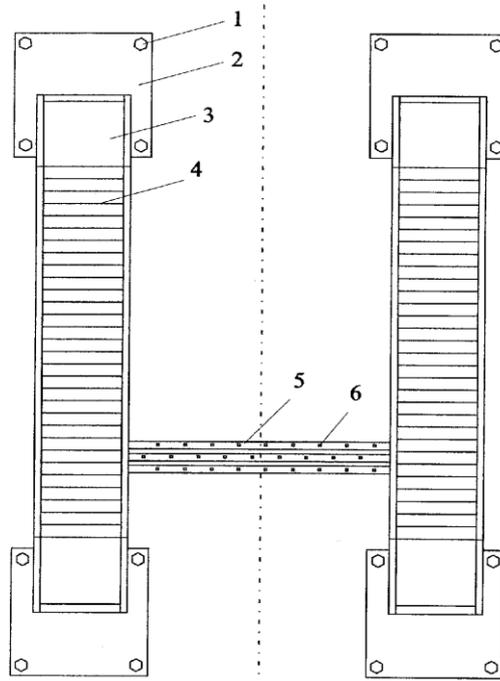
В большинстве автосервисных центров на участках мойки автомобилей отсутствует услуга по мойке днища, несмотря на то, что днище автомобиля - наиболее загрязняемая его часть, особенно подверженная негативному влиянию агрессивных сред. В ненастную погоду и зимнее время года на днище автомобиля скапливается большое количество грязи, усиливающей процесс коррозии кузова. Регулярная мойка днища позволяет значительно увеличить сохранность кузовных элементов, а также незащищенных узлов и агрегатов автомобиля. Существует необходимость усовершенствования уже существующих участков автомойки с помощью оснащения такими устройствами.

Устройство и принцип действия приспособления для мойки днища.

В настоящее время существует разработанная конструкция устройства для мойки днища (Полезная модель № 75903). Данная установка (рис. 1) монтируется в пол моечного отделения и состоит из направляющих, по которым движется платформа, с установленными на ней двумя вращающимися на 360 градусов форсунками, причем направление движения постоянно меняется. Эта платформа движется под автомобилем с одновременным вращением форсунок.

Вода под давлением 85 бар, благодаря такой конструкции, полностью удаляет слой грязи, песка и соли с автомобиля.

Анкерные болты 1 и пластины 2, с помощью которых эстакады 3 крепятся к полу, эстакады выполнены из железных прутков 4, для того чтобы вода беспрепятственно попадала к деталям днища, также данное устройство включает в себя каретку 5 с форсунками 6.



Рису. 1. Общий вид устройства для мойки днища
1-анкерные болты, 2- пластина, 3-эстакады, 4-железные прутки,
5-каретка, 6-форсунка

Две эстакады одинакового конструктивного исполнения устанавливаются параллельно друг другу на расстоянии, необходимом для постановки легкового автомобиля максимальной ширины. Эстакада устанавливается на бетонную или асфальтную поверхность и крепится к ней анкерными болтами. Внутри каждой эстакады вмонтированы направляющие, по которым перемещается каретка с форсунками. Высота эстакады от уровня пола составляет, например, 100 мм. Внутри каждой эстакады вмонтированы направляющие, по которым перемещается каретка с форсунками (рис. 2).

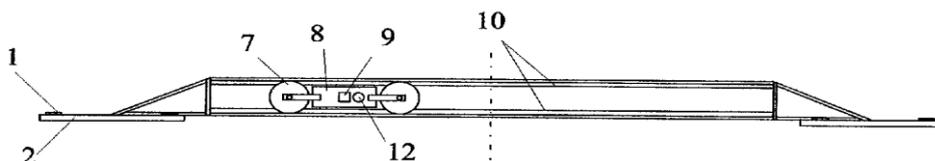


Рис. 2. Вид слева устройства для мойки днища
1- анкерные болты, 2- эстакада, 7- колеса каретки, 8 – емкость для воды, 9 – пазы для перемещения каретки, 10 – направляющие,
12- быстроразъемное соединение для подачи воды

Форсунки распыляют воду и моющие смеси под разными углами. Каретка с форсунками (рис. 3) совершает возвратно поступательные движения вдоль днища автомобиля. Подвод воды и моющих смесей осуществляют при помощи гибкого рукава, который подсоединяется к каретке через соединительную муфту. Необходимое давление в системе создается электронасосом.

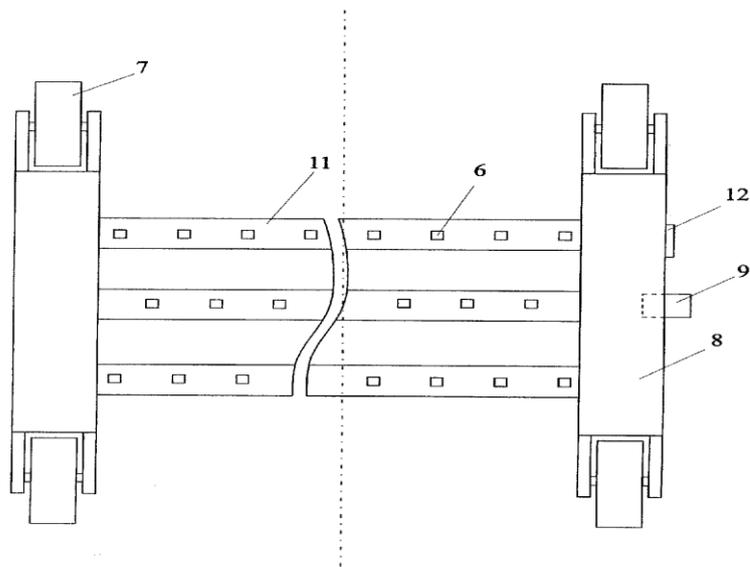


Рис. 3. Каретка

6 – форсунки, 7 – колеса каретки, 8 – емкость воды, 9 – пазы для перемещения каретки, 11- трубы для подачи воды к форсункам, 12 - быстроразъемное соединение для подачи воды

К преимуществам данной конструкции относится:

- Простота конструкции.
- Легкость монтажа.
- Качественная очистка.

К недостаткам относятся:

- Ненадежный подвод воды.
- При поломке сложность нахождения неисправности.

В дальнейшем планируется усовершенствовать конструкцию данной каретки путем добавления дополнительных трубопроводов для нанесения автохимии с целью улучшения качества мойки. Это потребует применения в конструкции устройства второго насоса, компрессора и бака для смешивания автохимии.

Список использованных источников:

[1] Кузнецов А.С., Белов Н.В. Малое предприятие автосервиса: организация, оснащение, эксплуатация. Москва, Транспорт, 1995, 303 с.

[2] Устройство для мойки днища: плюсы и минусы URL: http://poleznayamodel.ru/img_show/658549.html

Зяц Андрей Андреевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана.
E-mail: zayacan@yandex.ru

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

Е.А. Мишин, А.И. Пономарев, С.А. Плахов

К ВОПРОСУ ОБ УСТАНОВКЕ ПОДКЛЮЧАЕМОГО ПОЛНОГО ПРИВОДА НА АВТОМОБИЛЬ CHEVROLET NIVA

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Количество всевозможных внедорожников и кроссоверов на наших дорогах растет огромными темпами. Одним из главных достоинств таких автомобилей считается система полного привода, принцип работы которой может существенно отличаться. Трансмиссии полноприводных автомобилей имеют различные конструкции. В совокупности они образуют системы полного привода.

По принципу действия их можно объединить в три большие группы:

- постоянный полный привод;
- автоматически подключаемый полный привод;
- системы с ручным включением полного привода.

Определить, какой же полный привод наиболее оптимальный, достаточно сложно, так как каждый из них имеет свои преимущества и недостатки.

1. Постоянный полный привод. В системах постоянного полного привода (рис. 1) крутящий момент передается на все колеса автомобиля всегда и вне зависимости от внешних условий [1].

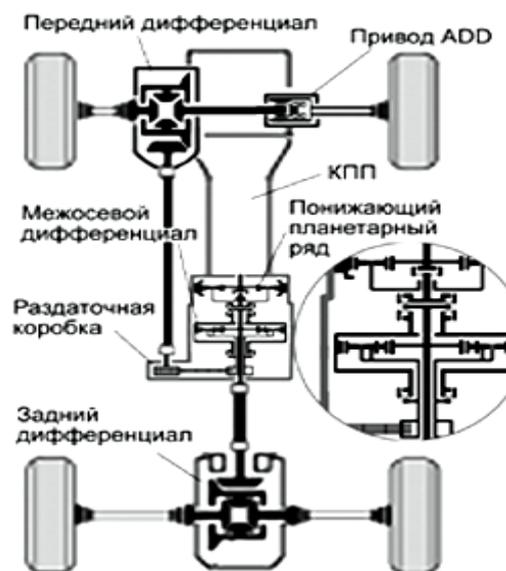


Рис. 1. Схема постоянного полного привода

Достоинством данной системы является то, что в любой момент времени каждое колесо автомобиля является ведущим, машина имеет стабильные характеристики управляемости на любых дорогах без ограниче-

ния по сцеплению. Также у данной системы полного привода высокая надежность.

К недостаткам относятся:

- сложная конструкция трансмиссии;
- при движении по чистым дорогам общего пользования (а это основная часть пробега большинства машин) такие автомобили имеют большой расход топлива.

2. Автоматически подключаемый полный привод. Дорожная обстановка часто складывается таким образом, что водитель не всегда может верно оценить ситуацию и своевременно переключиться в полноприводный режим. Развитие микропроцессорной техники и ее активное внедрение в автомобилестроение привело к возникновению трансмиссии с автоматически подключаемым полным приводом (рис. 2). Основная ее идея заключается в том, что в нормальных дорожных условиях такая трансмиссия работает как передне- или заднеприводная, а в экстремальных ситуациях, когда одно или два ведущих колеса теряют сцепление с дорогой и начинают пробуксовывать, крутящий момент перераспределяется и на колеса другой оси [1].

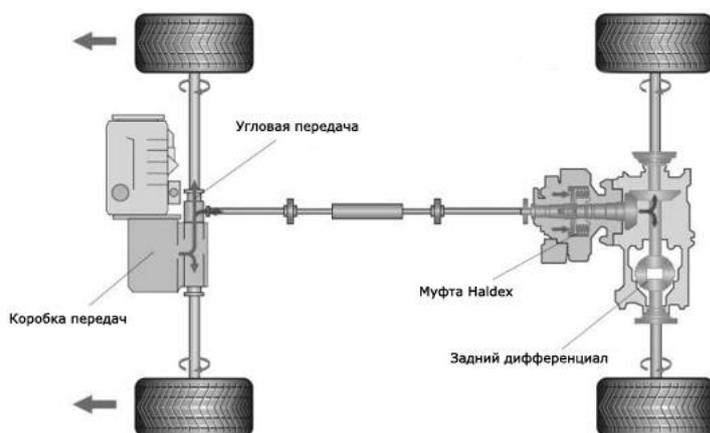


Рис. 2. Схема автоматически подключаемого привода

Конструкция системы полного привода, подключаемого автоматически, аналогична постоянному полному приводу. Исключение составляет наличие муфты подключения задней оси. Муфта обычно устанавливается вместо межосевого дифференциала или вне посредственной близости к заднему мосту. В нормальных условиях движения – муфта разблокирована, а в экстремальных ситуациях – блокирует и передает крутящий момент на колеса вспомогательной оси.

Главный недостаток подключаемого привода, управляемого электроникой, заключается в том, что такая трансмиссия не рассчитана на длительную работу в полноприводном режиме. Это связано с конструктивными особенностями подобной системы. Элементы такой трансмиссии, отве-

чающие за передачу крутящего момента на подключаемые колеса, не рассчитаны на продолжительную эксплуатацию под нагрузкой.

3. Системы с ручным подключением полного привода. Данная система (рис. 3) предполагает передвижение в обычных условиях с приводом только на передние или только на задние колеса и включение полного привода вручную, когда водитель понимает, что в нем есть необходимость – в грязи, в снегу, на льду, при движении по сильно пересеченной местности.

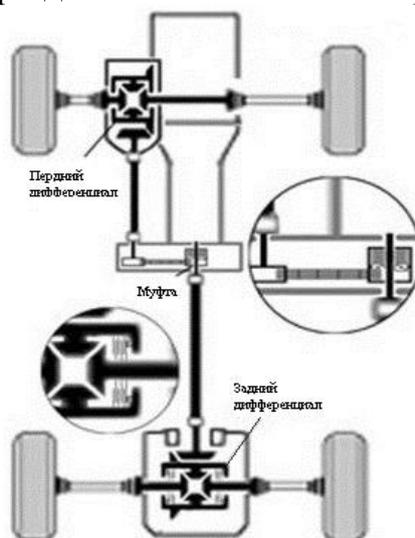


Рис. 3. Схема с ручным подключением полного привода

Обычно для подключения используется рычаг раздаточной коробки передачи. Хотя в некоторых версиях чтобы подключить передний мост необходимо выйти из машины и повернуть специальные ручки (хабы) на ступицах передних колес.

Отключение полного привода способствует экономии топлива, к тому же необходимость в четырех ведущих колесах в городе возникает не часто.

Несмотря на всю привлекательность подобного решения, оно имеет и недостатки. Полный привод, подразумевающий ручное подключение, не всегда может быть включен именно тогда, когда в нем действительно есть потребность.

4. Анализ привода автомобиля Шевроле Нива с указанием характеристик двигателя и предложения по дооборудованию Нивы другим типом привода. Конструкция трансмиссии у всех моделей Нивы, имеет постоянный полный привод на все четыре колеса с блокируемым межосевым дифференциалом [2]. Она состоит из коробки передач, двухступенчатой раздаточной коробки, переднего и заднего карданных валов, переднего и заднего моста. Основные технические характеристики автомобиля Шевроле Нива приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1
Технические характеристики

Характеристика	Значение
Рабочий объем двигателя [см ³]	1690
Максимальная мощность [кВт]/[л.с.]/[об/мин]	58.5/80/5000
Максимальный крутящий момент [Нм]/[об/мин]	127.5/4000
Максимальная скорость [км/ч]	140
Расход топлива в смешанном цикле [л/100км]	9.6

Поскольку тип привода, применяемый на автомобиле Шевроле Нива, приводит к повышенному расходу топлива на дорогах высшей категории общего назначения, предлагается применить для данного автомобиля систему с ручным подключением полного привода.

Эти трансмиссии позволяют двигаться как с отключенным полным приводом для экономии топлива, так и в режиме постоянного полного привода без ущерба для управляемости и риска повредить трансмиссию. Фактически, это трансмиссия, которую можно принудительно перевести в режим, при котором крутящий момент передается только на два колеса.

В большинстве подобных систем применяются всевозможные вариации на тему многодисковой муфты – пакета дисков, прижимающихся друг к другу при активации полного привода и передающих крутящий момент на подключаемые колеса. Степень сжатия фрикционных дисков может быть фиксированной (реализуется с помощью пружин постоянной жесткости) или переменной (осуществляется с помощью электронного управления). Именно электронно-управляемая муфта является перспективным решением для установки на автомобиль Шевроле Нива, так как не требует дорогостоящих и трудоемких операций по ее установке.

В то же время нужно отметить, что при длительной работе под нагрузкой такие муфты сильно нагреваются, а при перегреве выходят из строя. Поэтому предлагается устанавливать муфту в раздаточную коробку между ведомыми валами переднего и заднего приводов за место межосевого дифференциала. Это обеспечит охлаждение муфты трансмиссионным маслом, находящимся в раздаточной коробке. Но нужно учитывать, что данная система не позволяет длительное время ехать в полноприводном режиме. В таком типе полного привода отсутствует межосевой дифференциал, который бы компенсировал разницу в скорости вращения передней и задней оси. Использование подобного типа привода на сухих покрытиях опасно, поскольку значительно снижает управляемость машины (особенно на поворотах) и создает значительные нагрузки на трансмиссию, что ведет к ускоренному ее износу.

Принцип работы системы полного привода подключаемого вручную, оборудованного многодисковой фрикционной муфтой (рис. 4), заключается в следующем. Крутящий момент от двигателя, через сцепление, коробку передач, раздаточную коробку, кардан, главную передачу и дифференциал передается на заднюю ось автомобиля. Также крутящий момент через ведомый вал заднего привода раздаточной коробки передается на фрикцион-

ную муфту. И, если переключатель установлен в положение полного привода, крутящий момент через муфту передается на ведомый вал переднего привода, а далее через кардан, главную передачу и дифференциал передается на переднюю ось автомобиля. Муфта обеспечивает жесткую связь передней и задней оси и передачу крутящего момента в соотношении 50:50. Когда переключатель установлен в положение отключенного полного привода, фрикционная муфта имеет минимальное сжатие, при котором на переднюю ось крутящий момент не передается.

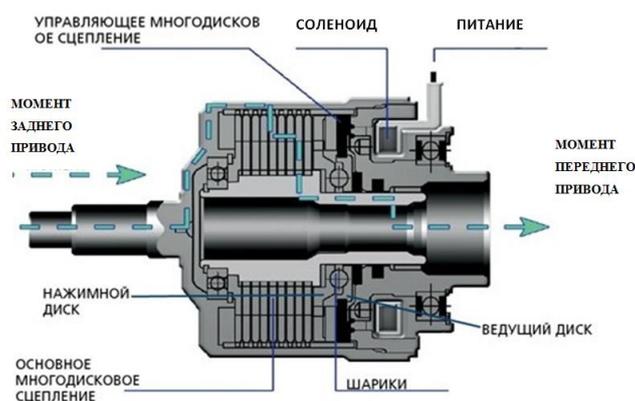


Рис. 4. Устройство многодисковой фрикционной муфты

Многодисковая фрикционная муфта обеспечивает управляемую передачу крутящего момента от задней к передней оси автомобиля. Муфта имеет электронное управление, включающее блок управления и исполнительные устройства. Блок управления преобразует входящую информацию в управляющие воздействия на исполнительное устройство. Исполнительным устройством системы управления является электромагнит, регулирующий давление сжатия фрикционных дисков от 0 до 100% максимальной величины.

Таким образом, для автомобиля Chevrolet Niva целесообразно применить именно систему полного привода, подключаемого вручную с помощью электромагнитной фрикционной муфты.

Список использованных источников:

[1] Системы полного привода [Электронный ресурс]: http://systems.auto.ru/transmission/polnyj_privod.html (дата обращения 10.03.2016).

[2] Трансмиссия автомобилей Нива, Lada 4×4, Шевроле Нива [Электронный ресурс]: <http://nivaauto.ru/transniva.htm> (дата обращения 10.03.2016).

[3] Шевроле-Нива технические характеристики [Электронный ресурс]: <http://www.cars.reif.ru/shevrole-niva.htm> (дата обращения 10.03.2016).

Мишин Евгений Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: ea.mishin2016@yandex.ru

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

Плахов Сергей Александрович - канд. техн. наук, старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sa.plahov@yandex.ru

Е.А. Мишин, А.И. Пономарев

К ВОПРОСУ ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПРИВОДЕ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ В ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В поршневом двигателе внутреннего сгорания (ДВС) все рабочие процессы превращения химической энергии сжигаемого топлива в механическую работу коленчатого вала происходят внутри двигателя за счет возвратно-поступательного движения поршней в цилиндрах [1]. Главным устройством, обеспечивающим штатную работу поршневого ДВС, является его газораспределительный механизм (ГРМ). В ГРМ современных поршневых двигателей используется механический цепной или ременный привод впускных и выпускных клапанов через распределительный вал от коленчатого вала ДВС.

Клапаны механического принципа действия (рис. 1) открываются толкающими усилиями кулачков распределительного вала, а закрываются под воздействием возвратной запорной пружины. Такие клапаны содержат в своем составе возвратную запорную пружину 1, собственно клапан, состоящий из клапанной головки 2 и клапанного стержня 3, гнездо с посадочной фаской 4 для клапанной головки и направляющую втулку 5 для клапанного стержня.

Основные преимущества механических клапанов [1]:

- простота конструктивной реализации и компактность ГРМ;
- функциональная надежность ГРМ;
- минимальный уровень ударных вибраций в ГРМ и, как следствие, бесшумность его работы.

Основной недостаток механического клапана это его управление от кулачка 6 распределительного вала 7, когда распредвал кинематически постоянно (жестко) связан с коленчатым валом двигателя. Такая кинематическая схема привода исключает возможность гибкого адаптированного управления клапанами, что препятствует дальнейшему совершенствованию ДВС.

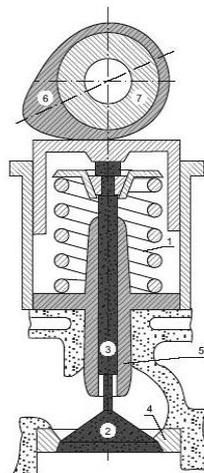


Рис. 1. Устройство механического привода клапанов

Последние десятилетия все ведущие разработчики двигателей внутреннего сгорания для автомобилей активно совершенствуют газораспределительный механизм, чтобы улучшить наполнение цилиндров двигателя. Широко применяются решения по увеличению числа клапанов на один цилиндр. Серийно выпускаются автомобили с четырьмя клапанами. Улучшение наполнения цилиндров можно достигнуть без увеличения числа клапанов, удлинения фазы впуска и увеличения подъема клапана, применяя электромагнитный привод клапана EVA (Electromagnetic Valve Actuator). Такие системы в настоящее время интенсивно разрабатываются как в Европе, так и США. Интерес к исследованиям в этой области определяется возрастающими требованиями к экономичности, токсичности, приспособляемости моторов.

Наиболее перспективным для работы в ГРМ с управлением от электронной автоматики является клапан с непосредственным электромагнитным приводом (рис. 2), который открывается электромагнитом 8, 9, 10 при подаче на него управляющего электрического сигнала, а закрывается — возвратной пружиной 1 [1].

При подаче постоянного управляющего напряжения на обмотку 9 электромагнита его магнитопровод, состоящий из неподвижного ярма 8 и магнитопроводящей шайбы (подвижного якоря) 10, смыкается и магнитопроводящая шайба 10 своим ходом «вниз» толкает клапанный стержень 3, тем самым открывая запорный узел 2, 4 клапана. После прекращения действия постоянного управляющего напряжения ток в обмотке 9 электромагнита прерывается, магнитное поле в магнитопроводе 8, 10 исчезает, магнитопроводящая шайба 10 под действием возвратной пружины 1 поднимается «вверх» и запорный узел 2,4 электроклапана закрывается.

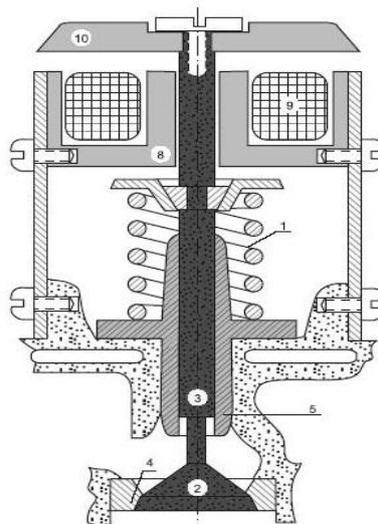


Рис. 2. Устройство клапана с электромагнитным управлением

Имеется также несколько другая система, в которой электромагнитный привод клапанов представляет собой подпружиненный клапан, поме-

щенный между двумя электромагнитами, которые удерживают его в крайних положениях: закрытом или полностью открытым[2].

Принцип работы системы показан на рисунке 3.

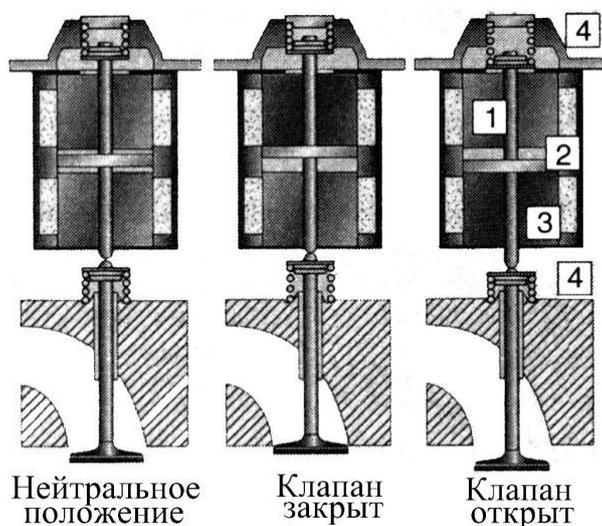


Рис. 3 - Устройство клапана с управлением двумя электромагнитами
1 – электромагнит открытия клапана; 2 – якорь; 3 – электромагнит закрытия клапана; 4 – клапанная пружина

Якорь электромагнита образует комбинацию с двумя пружинами для открытия и закрытия клапана. Когда к электромагнитам не подводится электрический ток, пружины клапана и электромагнита держат клапан в среднем положении, соответствующем половине хода клапана, при этом он полуоткрыт, что позволяет легко прокручивать коленчатый вал двигателя в начальной стадии пуска. При достижении необходимой частоты вращения от блока управления поступает сигнал и в верхний электромагнит открытия подается электрический ток, клапан закрывается. Одновременно осуществляется впрыск топлива.

При открывании клапана прерывается подача напряжения в верхний электромагнит. Энергия, накопленная в верхней пружине, движет клапан вниз до тех пор, пока накопленная энергия полностью не израсходуется. Для возможности дальнейшего перемещения клапана вниз напряжение подается в нижний электромагнит и якорь, втягиваясь под действием магнитного поля, открывает клапан.

Информация для блока управления поступает от датчика, расположенного на коленчатом валу и фиксирующего его угловое положение. Для каждого клапана компьютер определяет начало его открытия и закрытия, а значит и ход, в зависимости от положения коленчатого вала. Ход клапана может изменяться от нулевой величины до максимальной в зависимости от режима работы двигателя (рис. 4).

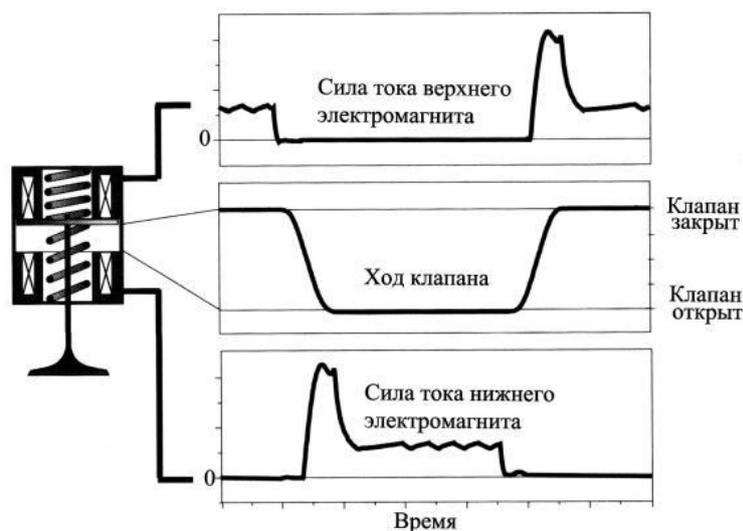


Рис. 4. Графики параметров режима работы клапанного механизма

К электромагнитному приводу клапана предъявляются следующие требования [3]:

- Средняя мощность на перемещение клапана для четырехцилиндрового двигателя при 6000 об/мин и максимальном подъеме клапана не должна превышать 2...3 кВт;
- Средняя скорость перемещения клапана: 3 см/с при 600 об/мин; 30 см/с при 6000 об/мин;
- Время перемещения клапана из минимального положения в 5 % от максимально возможного подъема до положения в 95 % должно быть в пределах 3...4 мс.
- Зазор между клапаном и якорем колеблется в пределах 0...0,5 мм в зависимости от температурного расширения клапана.

С помощью такой системы можно не только четко управлять временем открытия каждого клапана, но и обеспечивать получение максимальной мощности или максимального крутящего момента. Система электромагнитного привода клапанов имеет и другие преимущества. Например, можно полностью отключать часть цилиндров или переводить их на малую нагрузку, так что остальные будут работать более эффективно. К тому же возможность управления движением клапана и его высотой открытия позволяет отказаться от дроссельной заслонки. Однако главное преимущество этой системы заключается в том, что время и степень открытия клапанов в любой момент времени могут быть оптимальными для работы двигателя, в зависимости от условий движения. Кроме этого, конструкция самого двигателя упрощается, потому что отсутствует обычный привод газораспределительного механизма: цепи, зубчатые ремни, механизм натяжения, шестерни и распределительные валы. При этом значительно упрощается конструкция головки блока цилиндров и исчезает потребность в

подаче к ней смазочного масла. В целом это приводит и к уменьшению размеров двигателя.

Но конструкций, пригодных для внедрения в серийное производство, пока нет. Этому есть ряд причин, и главная – это неприемлемо большие габаритные размеры силовых тяговых электромагнитов, громоздкость и шумность срабатывания которых обусловлена необходимостью получения достаточно большой тяговой силы при ограниченном токе потребления. Приходится наматывать большое число витков, чтобы обеспечить катушке электромагнита требуемую намагничивающую силу при малом токе. Но, как известно, это приводит к образованию значительной индуктивности катушки, а значит, к ограничению скорости срабатывания электромагнита. Стремление повысить быстродействие понижением индуктивности за счет уменьшения числа витков приводит к необходимости пропорционального увеличения тока управления электромагнитом и, как следствие, – к излишнему расходу электроэнергии на работу электромагнитного клапана. Однако, в настоящее время производители легковых автомобилей должны перейти на напряжение бортовой сети 36 В, с генератором, обеспечивающим напряжение 42 вольта. При увеличении напряжения в три раза электрический ток, необходимый для питания устройств управления клапанами, становится намного меньше, и размер соленоидов значительно уменьшается. Это позволяет создать устройство с размерами близкими к размерам обычного механизма с двумя распределительными валами в головке и клапанными пружинами.

Разработчики полагают, что компромисс может быть найден с применением специальных конструкций магнитопроводных цепей в электромагнитном клапане, созданных на основе новейших высокоэффективных ферромагнитных материалов. Нет сомнения в том, что в ближайшие годы начнут широко внедряться системы электронного управления процессами газораспределения в автомобильных поршневых ДВС с использованием электромагнитных клапанов.

Список использованных источников:

[1] Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.

[2] Электромагнитный привод клапанов [Электронный ресурс]: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/dvigatel/e-lektromagnitny-j-privod-klapanov/> (дата обращения 16.03.2016).

[3] Design and Experimental Implementation of an Electromagnetic Engine Valve Drive / T. Parlikar [et al.] // IEEE/ASME Transaction on mechatronics. 2005. Vol. 10. №5. P. 482-494.

Мишин Евгений Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: ea.mishin2016@yandex.ru

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

А.Ю. Андросов, Б.П. Садковский

КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Современные инженерные разработки позволили частично решить главную проблему, тормозящую серийный выпуск электромобилей – малую емкость энергоносителей. Результаты проделанной работы включают в себя: создание литий-ионных батарей, обладающих плотностью энергии всего 250 Вт·ч/л (для сравнения свинцовый аккумулятор обладает плотностью энергии 133 Вт·ч/л), серебряно-цинковых батарей (425 Вт·ч/л), аккумуляторов на основе алюминия (3000 Вт·ч/л), магний-графеновых аккумуляторов (4000 Вт·ч/л), а также последние разработки металло-воздушных аккумуляторов с выдающейся плотностью энергии 11000 Вт·ч/л, с возможностью ее увеличения в зависимости от металлической основы батареи.

Такое видение замены топливной жидкости на применение электрических энергоносителей нашло свое воплощение в таких ведущих компаниях автомобилестроения, как Ford, Audi, Tesla Motors, в особенности последнего варианта разработок металло-воздушных батарей. Серийный выпуск предлагаемых концептов затруднен сложностью конструкции энергоносителей, которую они унаследовали от обыкновенных стационарных батарей, а также их нетехнологичностью, стоимостью и труднодоступностью. Варьируя химическую основу катода и анода, тем самым повышая емкость батареи, конструктивно их расположение и взаимодействие через электролит происходит непосредственно в самом аккумуляторе (рисунок 1).

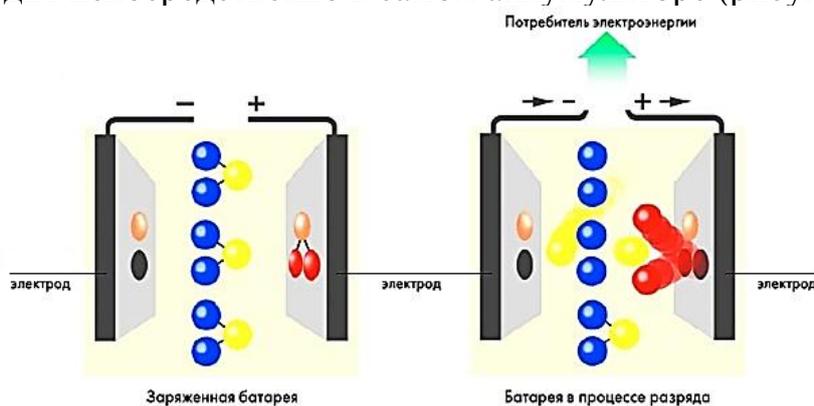


Рис. 1.

Химическая энергия превращается в электрическую, которая на электромобилях с помощью трансформатора расходуется для приведения в действие электромотора. Количество пластин, с целью увеличения той же емкости, из дорогостоящих материалов доходит до критического значения, тем самым делая эти аккумуляторы технически невыгодными (крупногабаритными), технологически сложными в производстве и обслуживании, а также весьма дорогими.

Выход из сложившейся ситуации нашли инженеры Гарвардского университета, применив существенные конструктивные преобразования в системе энергоснабжения электромобиля, а также замены химической реакции между твердыми пластинами катода и анода, окислительно-восстановительной между жидкотекучими электролитами, заряженными как положительно, так и отрицательно. Суть решения заключается в создании технически новой системы проточного аккумулирования электроэнергии (рисунок 2).

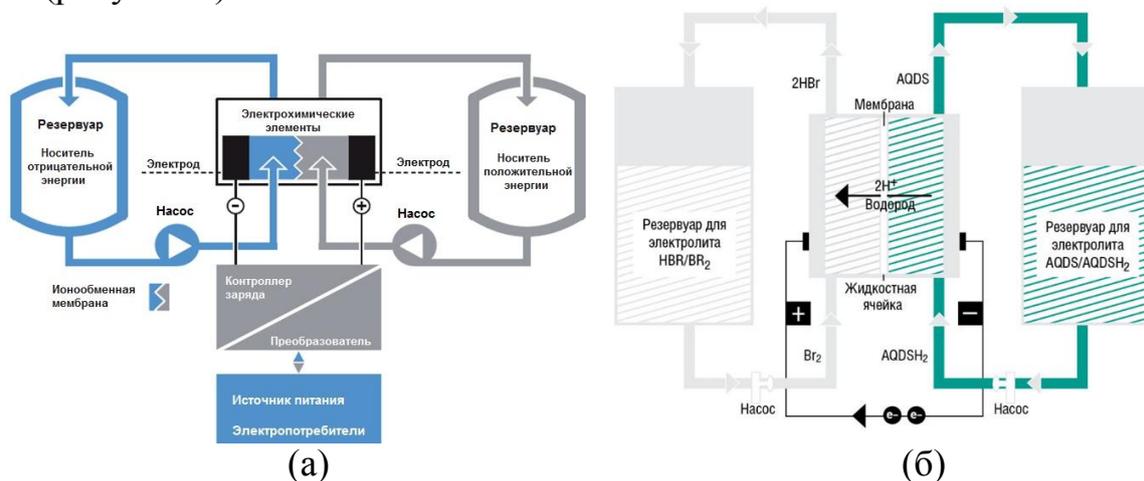


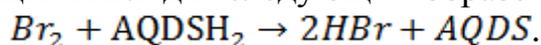
Рис. 2.

Основными элементами конструкции (рисунок 2, а) являются два разделенных между собой контура, состоящих из резервуаров с положительно- и отрицательно-заряженными специальными смесями электролитов, которые вследствие своей хорошей жидкотекучести подаются насосами в двухсекционную жидкостную ячейку, разделенную между собой ионообменной мембраной, через которую происходит обмен свободными ионами электролитов, выработанный заряд от которых передается на электроды, без непосредственного физического контакта самих электролитов между собой. С электродов в свою очередь снимается необходимое выработанное в ходе окислительно-восстановительной реакции напряжение контроллером заряда и через преобразователь передается на суперконденсаторы и генераторы и используется для энергообеспечения электропотребителей, которыми в приоритете являются электромоторы. Отработавшая смесь электролита возвращается каждая в свою исходную емкость посредством начального давления, созданного насосами, то есть вся работа данной системы является непрерывным циклическим процессом.

Полный состав смеси, а именно применяемые вспомогательные вещества и катализаторы строго не разглашается, однако известны несколько уже реализованных схем взаимодействия, основными компонентами реакций которых является ванадий с различными степенями окисления (используется в редокс-аккумуляторах), суспензия из мириад твердых частиц LiCoO_2 и углерода (попытка переработки уже существующего литий-ионного аккумулятора в проточной) и, как самый перспективный вариант использования окислительно-восстановительной реакции – взаимодейст-

вие AQDS (антрахинон-дисульфоната) и брома. Электроды после данной реакции заряжаются путем обмена ионами водорода (рисунок 2, б).

Реализованная схема функционирует следующим образом: в каждом из баков отдельно (в целях безопасности) хранится два электролита: в качестве анода и одновременно акцептора используется положительно заряженный бром (Br_2), а в качестве катода и донора синтетический переносчик отрицательных зарядов – гидрокси-антрахинон-дисульфоната ($AQDSH_2$). Взаимодействуя в жидкостной ячейке через ионообменную мембрану происходит процесс окисления $AQDSH_2$ до AQDS, заключающийся в переносе двух ионов водорода $2H^+$, совместно с гетерогенным восстановлением брома. Таким образом реакция выглядит следующим образом:



После протекания реакции образуется бромид и чистый антрахинон-дисульфонат – два разряженных электролита, уносимые под давлением обратно в исходные резервуары.

Кроме электроактивных веществ смесь электролитов содержит кристаллические наночастицы, формирующие в самой жидкости и вблизи электродов электрообменные области, в которых формируется и сосредотачивается выработанный в результате реакции заряд.

Основные применяемые электролитические составляющие носят безопасный для человека характер, так как в большинстве своем являются продуктами органической природы. Применяемые хиноны в изобилии присутствуют в нефти, а также есть возможность их синтеза из растений, таких как ревень. В качестве исходного сырья для производства брома служат: морская вода (65 мг/л), рассолы соляных озер и другие щелочные среды. В свою очередь, хиноны чрезвычайно быстро претерпевают окислительно-восстановительную реакцию на простых и недорогих угольных электродах, также хорошо растворимы в воде, что устраняет пожароопасность их хранения и обеспечивает расположение в полостях резервуаров при относительно большой плотности энергии.

Процесс обмена ионами водорода может происходить как с помощью ионообменной мембраны, так и без нее, применяя принцип ламинарности течения. Чаще используется первый способ, но задействуя сразу несколько мембран, увеличивая количество электролитических секций для роста производительности выходного напряжения, воспроизводимого после выделения энергии во время химической реакции. Так на каждой из обкладок снимается напряжение равное 600 В и развивается мощность в 30 кВт. Увеличивая количество обкладок, увеличивается и мощность, выдаваемая установкой, при постоянном напряжении на каждой из них. Данный процесс выработки электроэнергии происходит постоянно, а полученное электричество сосредотачивается в суперконденсаторах, которые порционно и непрерывно передают его на электродвигатели, а также, используя гибридные технологии, воспринимают запасаемую энергию при торможении автомобиля.

Основная черта приведенной конструкции, способствовавшая к ее созданию, является то, что емкость электроэнергии системы зависит от

вместимости резервуаров. Последние разработки химического состава электролита достигли высоких показателей объемной плотности запасаемой электроэнергии на литр, равной 50 Вт·ч/л. Меняя объем резервуаров, можно увеличивать емкость системы, ограничиваясь конструктивными параметрами автомобиля.

Восстановление концентрации электроактивных веществ в баках автомобиля достигается путем их электрического обогащения извне, то есть простой зарядкой жидкостной ячейки с помощью стационарного зарядного устройства при одновременной подаче электролита, или же путем его замены на новый. Входные датчики контроллера заряда снимают показатели выходного напряжения и, как следствие, контролируют качество химической реакции в жидкостной ячейке. Далее, переводя снятые электрические импульсы в блок управления, происходит сравнительный анализ снятых параметров с необходимыми для работоспособности потребителей электроэнергии, чем и достигается определение концентрации электроактивных веществ электролитов. С помощью исполнительных устройств на панель управления подается сигнал о разреженности топлива и требуемых мер устранения: зарядки электролита или его замены. В процессе зарядки подаваемое извне напряжение на ячейку (батарею) превращает их из разряженного состояния в заряженное, производя обратный ход химической реакции каждой жидкости в отдельности: восстановление ионов водорода антрахинон-дисульфоната и их высвобождение у брома. Таким образом, электролит не расходуется, а лишь видоизменяется. Последние результаты инженерных работ обеспечивают бесшумное использование электролита при однократной зарядке длительностью 10000 циклов. Потребность его смены наступает в момент спада активности ионов при зарядке.

Данная установка воспроизводства электроэнергии сконструирована применительно к реальному автомобилю и протестирована ведущей лихтенштейнской автомобильной компанией «nanoFlowcell», занимающейся разработками и выпуском электромобилей. Для реализации проекта потребовалось разработать принципиально новую компоновку автомобиля, взяв за основу схему проточного аккумулирования электроэнергии, как единственно возможный источник энергии.

Конструкция концепта включает в себя (рисунок 3): два набора баков для электролитов (1) с суммарным объемом 400 литров (емкостью энергии 20000 Вт·ч/л), потоковую батарею (2) с установленными ионообменными мембранами, промежуточный накопитель на суперконденсаторах (3), четыре электромотора (4). В ходе реакции вырабатывается рабочее напряжение порядка 600 В, снимаемое контроллером заряда, и передается или на генератор, который вместе с ним формирует контрольный блок, или на суперконденсатор для хранения заряда. В свою очередь на суперконденсатор поступает ток равный 50А, а на моторы через генератор установка выдает ток равный 2000 А. Суммарная мощность полноприводного концепта, выдаваемая в совокупности установкой составляет 680 кВт (925 л.с.), максимальная скорость достигает 380 км/ч, а запас хода в соответствии с емкостью баков больше 500 км.

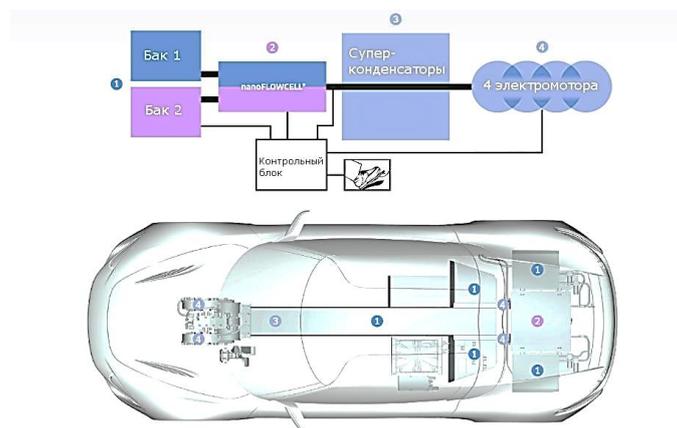


Рис. 3.

Таким образом, подводя итог, целесообразно отметить прогресс в развитии технологии использования потоковых батарей для получения и аккумуляции электроэнергии, используемой к качестве топлива для электромобилей. Во-первых, переконструируя автомобиль согласно разработанной схеме, будет получена возможность изменять емкость установки, тем самым изменять вырабатываемую мощность и запас хода, повышая эксплуатационные параметры автомобиля. Во-вторых, используемые вещества несколько не опасны для окружающей среды, так как являются нетоксичными природными компонентами нетрудными в получении. В-третьих, относительная простота конструкции с выдаваемыми характеристиками автомобиля, делает ее выгодной для производства и эксплуатации. Препятствием для промышленной реализации является некоторая дороговизна производства смесей электролитов, а также зависимость рынка от нефтепродуктов и индустрии в целом от производства автомобилей на основе бензиновых и дизельных двигателей. В целом разработка является ярким показателем прогресса автомобильной отрасли в создании альтернативной замены двигателя внутреннего сгорания, применив для этого электрические источники питания.

Список использованных источников:

[1] Андросов А.Ю., Садковский Б.П. Двигатель будущего // Материалы всероссийской научно-технической конференции «Научные технологии в приборостроении и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе». Т.3. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – с. 93 – 97. ISBN 978-5-7038-3871-6.

[2] Андросов А.Ю., Садковский Б.П. Современный способ увеличения емкости источников электроэнергии // Материалы региональной научно-технической конференции «Научные технологии в приборостроении и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе». Т.2. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – С. 47 – 51. ISBN 978-5-7038-3957-7.

Андросов Алексей Юрьевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана.
E-mail: armogen99@gmail.com

Садковский Борис Петрович - д-р техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: bsadk@yandex.ru

В.М. Алакин, А.Ю. Андросов

КОНСТРУКТОРСКИЙ РАСЧЕТ И ВЫБОР ШАРНИРОВ РАВНЫХ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

подавляющее большинство современных переднеприводных автомобилей оборудованы шарниром равных угловых скоростей (ШРУС), который дает возможность восприятия и передачи крутящего момента при значительных углах поворота.

Для оптимального выбора наиболее эффективной конфигурации данного узла выполняется нагрузочный расчет, включая в рассмотрение распределение крутящего момента ДВС, наибольшего передаточного числа КПП с учетом передаточного числа дифференциала. Данный расчет включает в себя определение крутящего момента на валу по сцепному весу, характеризующимся нагрузкой на ось, радиусом качения шин, коэффициентом трения, и, в некоторых случаях, влиянием колесной передачи:

$$M_{сцеп} = M_{кр\ max} \cdot \eta_{1\ передачи\ max} \cdot \eta_{ДВС} \cdot \eta_D \cdot \eta_D$$
$$M_{шар} = G_A \cdot R_k \cdot \frac{1}{i_R} \cdot \eta_R \quad (2)$$

где: $M_{кр\ max}$ – максимальный крутящий момент ДВС, Н·м;

$i_{1\ передачи\ max}$ – максимальное передаточное число коробки передач;

$\eta_{ДВС}$ – коэффициент полезного действия ДВС;

i_D – передаточное число дифференциала;

i_R – передаточное число колесной передачи;

η_R – коэффициент влияния колесной передачи;

η_D – коэффициент влияния дифференциала.

G_A – вес автомобиля, Н;

R_k – радиус колеса, м.

Из двух расчетных значений крутящего момента, необходимо выбрать наименьший, полученное значение которого не должно превышать допустимого номинального значения крутящего момента карданного вала, регламентированного по ГОСТ 13758–89.

Рассчитанная таким образом и назначенная конфигурация ШРУСа будет отличаться продолжительностью срока службы и невосприимчивостью к повреждениям из-за кратковременности действия пиковых нагрузок.

Дополнительная проверка срока службы шарниров производится в том случае, если автомобиль приводится в движение исключительно за счет передней оси.

При дальнейшем сборочном процессе должны соблюдаться следующие требования: каждая из половин ШРУСов крепится на опоры непосредственно вблизи с шарниром, учитывая неподвижность ведомого вала или цапфы дисковой втулки в осевом направлении, а также напротив – осевое перемещение ведущего вала.

Во время передачи вращающего момента возникают дополнительные силы, которые необходимо принять во внимания при выборе ШРУСов, так как они создают следующие реакции в опорах (рисунок 1).

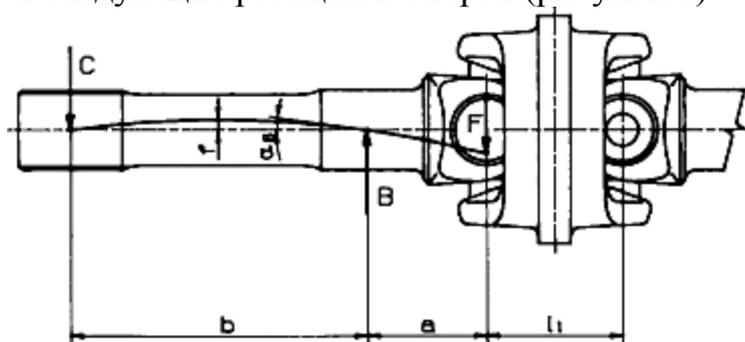


Рис. 1. Схема нагружения ШРУСа

Реакция в опоре В:

$$B = \frac{2 M_{сцеп} \sin \frac{\alpha}{2} (a+b)}{l_1} \quad (3)$$

Реакция в опоре С:

$$C = \frac{2 M_{сцеп} \sin \frac{\alpha}{2}}{l_1} \quad (4)$$

где: α – угол перекоса оси в радиальном направлении;

a – расстояние от опоры оси В до центра тела качения подшипника, м;

b – расстояние между центрами тел качения подшипника, м;

l_1 – расстояние между опорами оси С и В, м.

Стоит отметить, что приводные валы при рабочем цикле испытывают помимо крутящего момента и изгибающие усилия, поэтому необходима их более жесткая фиксация в опорах: опора В должна или устанавливаться в шарикоподшипники с большим значением параметра динамической грузоподъемности, или исполняться с некоторой опорой так, чтобы перекося передавался на опору без усилия.

Распределение нагрузок на ведомом валу (цапфе дисковой втулки) происходит таким же образом. Изгиб здесь не имеет большого значения из-за небольшой длины вала.

В настоящее время современные автомобили компании «Volvo» оснащаются современными ШРУСами триподного типа (рисунок 2).



Рис. 2. Вид ШРУСа трипоидного типа

Данный вид шарнира имеет принципиальные конструктивные отличия от ранее использованных аналогов, а именно: имеет более длительный срок эксплуатации, имеет повышенную статическую и динамическую грузоподъемность в осевом направлении даже при значительных углах поворота шарнира (75 градусов), имеет способность выдерживать максимальное значение крутящего момента до 2500 Н·м, имеет большее значение продольного хода, а также более технологичен в ремонте и установке.

Данный тип шарнира производится строго в соответствии с требованиями компании Volvo: соблюдаются геометрия поверхности шарнира, его кинематика, а также необходимые расчеты и операции, направленные на увеличение прочностных параметров узла вследствие применения высокоточной обработки корпуса и последующая его закалки. Итогом работы становится функциональный продукт, способный поддерживать стабильную работу при активном использовании при пробеге свыше 120 тысяч километров.

Таким образом, подводя итог, целесообразно отметить прогресс в развитии и модернизации конструкции шарниров равных угловых скоростей, различные модификации которых приводят к повышению их эффективности и, как следствие, максимальной реализации динамических параметров автомобиля в процессе его эксплуатации.

Список использованных источников:

[1] Кузьмин Ю.А. Конструирование и расчет автомобиля: методические указания. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2008, 29 с.

[2] Вахламов В.К. Автомобили: конструкция и элементы расчета: учебник для студ. высш. учеб. заведений. Москва, Академия, 2006, 480 с.

[3] Николаев И.А. Устройство, обслуживание, ремонт и эксплуатация автомобилей Volvo: монография. Москва, Изд-во РОКО, 2006, 214 с.

Алакин Виктор Михайлович - канд. техн. наук, заместитель директора по инновациям КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alakin@bmstu-kaluga.ru

Андросов Алексей Юрьевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: armogen99@gmail.com

А.И. Пономарев, В.М. Алакин

НЕЗАВИСИМАЯ ПОДВЕСКА ВАЗ 2110

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Подвеска автомобиля – это совокупность деталей, узлов и механизмов, играющих роль соединительного звена между кузовом автомобиля и дорогой[1]. Входит в состав шасси.

Подвеска выполняет следующие функции:

- физически соединяет колеса или неразрезные мосты с несущей системой автомобиля — кузовом или рамой;
- передает на несущую систему силы и моменты, возникающие при взаимодействии колес с дорогой;
- обеспечивает требуемый характер перемещения колес относительно кузова или рамы, а также необходимую плавность хода.

Основными элементами подвески являются:

- упругие элементы, которые воспринимают и передают нормальные (направленные по вертикали) силы реакции дороги, возникающие при наезде колеса на ее неровности;
- направляющие элементы, которые задают характер перемещения колес и их связи между собой и с несущей системой, а также передают продольные и боковые силы и их моменты.
- амортизаторы, которые служат для гашения колебаний несущей системы, возникающих вследствие действия дороги.

Однако в подвесках современных автомобилей, как правило, каждую из этих функций выполняют отдельные конструктивные элементы, достаточно жестко задающие характер перемещения колес относительно несущей системы и дороги, что обеспечивает заданные параметры устойчивости и управляемости.

Преимущества независимой подвески. Существует два варианта поддресоривания кузова автомобиля – зависимая и независимая подвеска[2]. В современных легковых автомобилях применяется, как правило, независимая подвеска. Это подразумевает, что колеса на одной оси не имеют жесткой связи друг с другом, а изменение положения относительно кузова машины одного никак или почти никак не влияет на положение второго, что дает хорошую управляемость, плавность хода и комфорт. При этом углы развала и схождения колес способны меняться в довольно значительных пределах.

Решение проблемы. Автомобили ВАЗ 2110 имеют полунезависимую заднюю подвеску (рис. 1). Она проста в конструкции, обслуживании, но не дает той управляемости и комфорта как независимая задняя подвеска на продольных рычагах. В этой подвеске каждое из колес одной оси прикреплено к продольному рычагу, закрепленному на раме или кузове подвижно. Этот тип независимой подвески прост, но несовершенен. При работе такой подвески в достаточно больших пределах меняется колесная база автомо-

бия, причем в повороте из-за влияния крена изменение базы будет различным справа и слева — правда, колея при этом остается постоянной. При повороте колеса в ней наклоняются вместе с кузовом (наружу поворота), и существенно больше, чем в других конструкциях подвесок, что ухудшает боковое сцепление шин с дорогой — так что, передавать большие значения боковых сил такая подвеска не способна и, соответственно, высокие параметры устойчивости и управляемости с ней недостижимы. Продольные рычаги воспринимают усилия, действующие во всех направлениях, а значит — подвергаются большим нагрузкам на кручение и изгиб, что требует их большой жесткости и, соответственно, утяжеления.

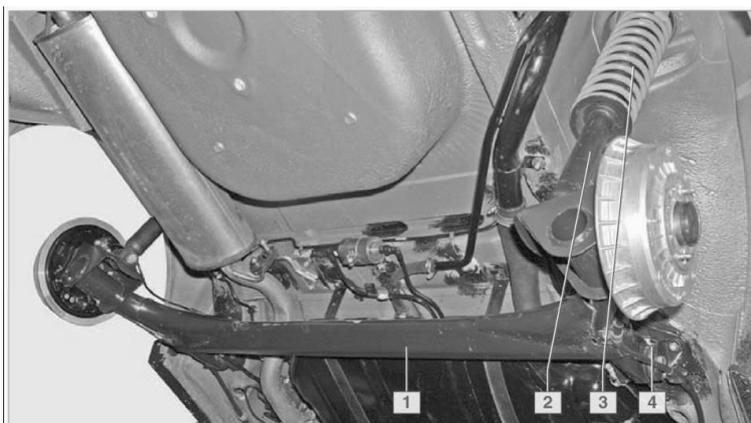


Рис. 1. Полунезависимая подвеска
1-балка; 2-амортизатор; 3-пружина; 4-сайлентблок

Кроме того, для нее характерно очень низкое, в районе полотна дороги, расположение центра крена, что является недостатком для задней подвески.

Помимо простоты, в качестве преимущества такой подвески можно назвать то, что между рычагами пол можно выполнить ровным, увеличив объем, доступный для пассажирского салона или багажника.

Выводы. Таким образом, добавление рычагов в конструкцию независимой подвески автомобиля ВАЗ 2110 позволит улучшить комфорт, плавность хода и управляемость автомобиля. В дальнейшем планируется определить параметры рычагов и углов расположения элементов такой подвески при ее использовании на указанном автомобиле.

Список использованных источников:

[1] *Электронная энциклопедия: Подвеска автомобиля.* URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Подвеска_автомобиля (дата обращения 31.03.2016 г.)

[2] Раймпель Йорнсен. Шасси автомобиля: элементы подвески. Москва, Машиностроение, 1987. — 288 с.

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apom2005@yandex.ru

Алакин Виктор Михайлович - канд. техн. наук, заместитель директора по инновациям КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alakin@bmstu-kaluga.ru

Г.С. Никитин, В.М. Алакин, С.А. Плахов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛОПАСТНОГО БИТЕРА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

При возделывании картофеля основные трудозатраты (от 45 до 60%) приходятся на уборку урожая. Это связано с необходимостью выделить большое количество почвы из общей картофелесодержащей массы. Например, чтобы при механизированном способе уборки выделить от 4 до 6 кг клубней, необходимо просеять до 200 кг почвы [2].

К основным операциям технологического процесса машинной уборки картофеля относят: удаление ботвы; подкапывание пласта почвы вместе с гnezдами картофельного куста; разрушение и сепарацию подкопанного пласта почвы (отделение клубней от почвы, отрыв ботвы от клубней, удаление ботвы, камней, растительных и других примесей); сбор и погрузка первично очищенных клубней в бункер (тару) или транспортные средства [2].

По данным министерства сельского хозяйства в 2015 году было собрано 23 млн. 142 тыс. тонн картофеля, из которых более 83% проходится на небольшие фермерские и личные подсобные хозяйства [1]. Картофелекопатели, вследствие своей дешевизны, простоты и универсальности применения, получили наибольшее распространение в данных хозяйствах.

Существует большое количество различных типов картофелекопателей, но с точки зрения: экономичности, надежности и рабочих качеств, наиболее перспективными являются картофелекопатели с роторно-пальцевой сепарирующей поверхностью (рис. 1). Основными преимуществами роторно-пальцевой сепарирующей поверхности, по сравнению с элеваторной, грохотной и др. являются: более эффективное просеивание почвы; меньшая материалоемкость, энергоемкость и повреждаемость клубней.

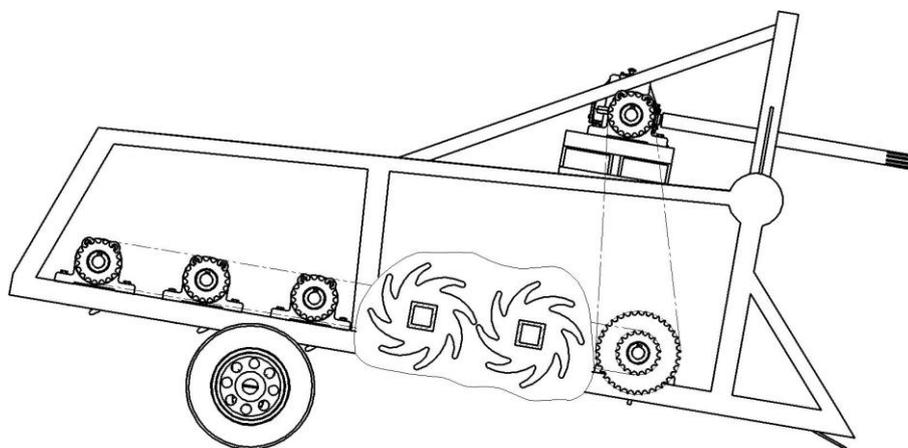


Рис. 1. Картофелекопатель с роторно-пальцевой сепарирующей поверхностью

Однако, из-за особенностей конструкции картофелекопателей с данной сепарирующей поверхностью, между лемехами и первым валом с роторно-пальцевыми рабочими органами возникает перепад высот, вследствие чего в этом месте происходит сгуживание картофелесодержащего пласта.

Поэтому установка лопастного битера, между лемехами и первым валом с роторно-пальцевыми рабочими органами, позволит не только значительно повысить сепарирующую способность картофелекопателя, но и обеспечит устойчивую подачу картофелесодержащей массы на сепарирующую поверхность.

Исходя из вышесказанного, необходимо определить оптимальные параметры и режимы работы битера в комплексе с роторно-пальцевой сепарирующей поверхностью.

Теоретические исследования показывают, что для устойчивого перемещения клубненосного пласта на первый вал сепарирующей поверхности (при высоте подъема $H = 0,21 \text{ м}$ и на расстоянии $S_x = 0,45 \text{ м}$) необходимо, чтобы начальная скорость $V_0 = 3 \text{ м/с}$, а угол отрыва $\alpha = 45^\circ$.

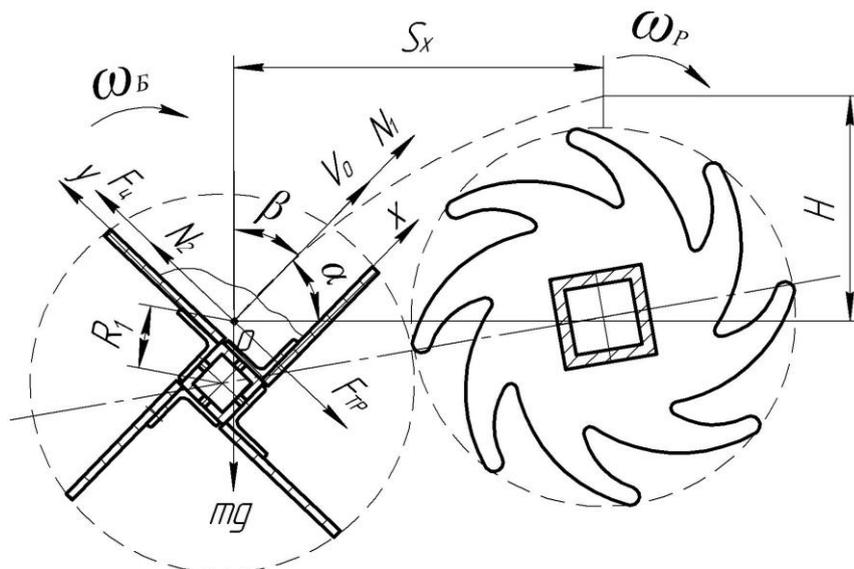


Рис. 2. Схема работы лопастного битера

Спроецируем все силы, действующие на картофелесодержащую массу, на оси x, y :

$$\begin{aligned} ma_x &= N_1 - mg \cos \alpha \\ ma_y &= F_y + N_2 - F_{TP} - mg \sin(90^\circ - \alpha) \end{aligned} \quad (1)$$

где m - масса клубня, кг;

g - ускорение свободного падения, м/с^2 ;

a_x - ускорение картофелесодержащей массы по оси x , м/с^2 ;

a_y - ускорение картофелесодержащей массы по оси y , м/с^2 ;

F_u - центростремительное ускорение, m/c^2 ;

F_{TP} - сила трения, H ;

N_1 и N_2 - силы реакции поверхностей лопасти и щитка, H ;

R_1 - расстояние от центра бitera до центра картофелесодержащей массы, m ;

ω_B - угловая скорость лопастного бitera, c^{-1} .

В свою очередь $F_u = m\omega_B^2 R_1$.

Отрыв массы от лопасти бitera произойдет, только когда будет выполняться условие:

$$\begin{aligned} N_1 &> mg \cos \alpha \\ m\omega_B^2 R_1 + N_2 &> F_{TP} + mg \sin(90^\circ - \alpha) \end{aligned} \quad (2)$$

Расчеты показывают, что использование стандартного лопастного бitera (рис. 2), при условии достижения требуемой скорости и угла отрыва массы от лопасти, подразумевает синхронизацию скорости вращения самого бitera ω_B и рабочих органов роторно-пальцевой сепарирующей поверхности, что в свою очередь обеспечит минимальную повреждаемость клубней.

Теоретические исследования показывают, что при диаметре бitera до 300 мм достигаются требуемые значения: начальной скорости V_0 и угла отрыва α , которые необходимы для устойчивой подачи клубненоносной массы на первый вал сепарирующей поверхности.

Список использованных источников:

[1] *Министерство сельского хозяйства РФ*. URL: <http://www.mcsx.ru/> (дата обращения 25.02.2016).

[2] Резников Л.А., Ещенко В.Т. *Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин*. Москва, Агропромиздат, 1991, с. 425 – 446.

[3] Туболев С.С., Шеломенцев С.И., Пшеченков К.А. *Машинные технологии и техника для производства картофеля*. Москва, Агрспас, 2010, с. 176 - 193.

Никитин Геннадий Сергеевич - аспирант КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: aser.work@yandex.ru

Алакин Виктор Михайлович - канд. техн. наук, заместитель директора по инновациям КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alakin@bmstu-kaluga.ru

Плахов Сергей Александрович - канд. техн. наук, старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: aser.work@yandex.ru

С.А. Селькин, С.А. Плахов

ПОВЫШЕНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМАХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Системы поворота задних колес (4 WS - Four Wheel Steering) автомобилей были созданы еще в конце 20 века и продолжают развиваться по настоящее время. Подобные системы получили распространение основном на автомобилях премиум - класса. Впервые данная система управления задними колесами появилась в 1987 году на автомобиле Honda Prelude, затем подобные системы начали устанавливаться и на других японских марках автомобилей: Mitsubishi Galant и Sigma, Mazda 626, Toyota Celica, Nissan Skyline. На первых этапах 4 WS имела механическую систему привода поворота колес, но вскоре на смену механическому пришел гидравлический, а затем и электропривод.

Установка системы подруливания задних колес на автомобиле преследует несколько целей:

- во-первых, увеличивается чувствительность автомобиля к повороту рулевого колеса;
- во-вторых, повышается маневренность при парковке, развороте, обгоне и перестроении;
- в-третьих, значительно увеличивается курсовая устойчивость при высоких скоростях.

При передних и задних управляемых колесах существенно улучшается маневренность и проходимость по сравнению с использованием только передних управляемых колес. Это обеспечивается уменьшением радиуса поворота, сокращением ширины коридора поворота и уменьшением затрат мощности при повороте на грунте.

При схеме поворота с передними и задними управляемыми колесами автомобиль при больших скоростях движения имеет низкую курсовую устойчивость, при выходе из поворота кратковременно увеличивается боковая реакция. Устраняются эти недостатки введением запаздывания начала поворота задних колес примерно на 6° относительно передних.

Увеличить безопасные скорости прохождения крутых поворотов позволяет рулевое управление, обеспечивающее поворот задних колес двухосного автомобиля в ту же сторону, что и передних, но на меньшие углы (до $1,5^\circ$ при 8° у передних). При меньших скоростях движения задние колеса возвращаются в нейтральное положение, а при углах поворота передних колес более 12° - поворачиваются в противоположную сторону, но на меньшие углы, чем передние колеса (до 5° у задних колес при 30° у передних) [1].

На сегодняшний день самой поздней версией 4 WS является система HICAS (High Capacity Active Steering) с электроприводом на заднем реечном механизме (рисунок 1):

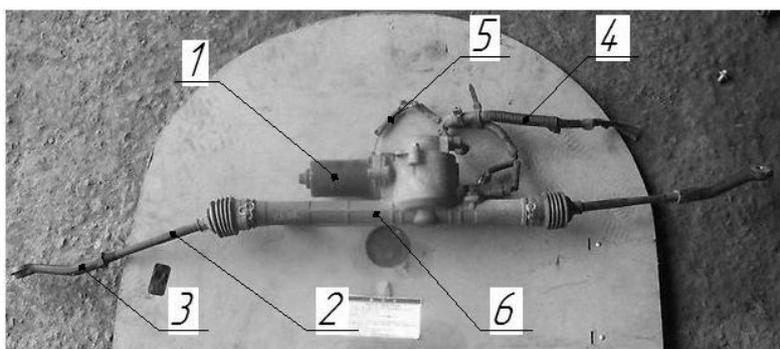


Рис. 1. Задний реечный механизм с электроприводом:
1-электромотор; 2- рулевая тяга; 3- рулевой наконечник; 4- разъем питания электромотора; 5- разъем для датчика; 6- картер реечного механизма

Основное назначение системы NICAS — обеспечить устойчивое прохождение автомобилем поворотов на высокой скорости за счет изменения поворачиваемости с нейтральной на избыточную при входе в поворот и на недостаточную при выходе. Это обеспечивает более стабильную курсовую устойчивость в динамическом режиме и облегчает прохождение поворота.

Основной недостаток NICAS, кроме стоимости ее обслуживания и дополнительного веса, жесткая корреляция с размерностью колес, которая в «гражданском» варианте фиксирована, а в «гоночном» требует настройки в зависимости от вылета и ширины шины [2].

Данная система включает в себя датчик угла поворота рулевого колеса, датчик скорости автомобиля, электронный блок управления (ЭБУ), задние датчики угла поворота рулевого колеса и реечный механизм с электроприводом (рисунок 2):

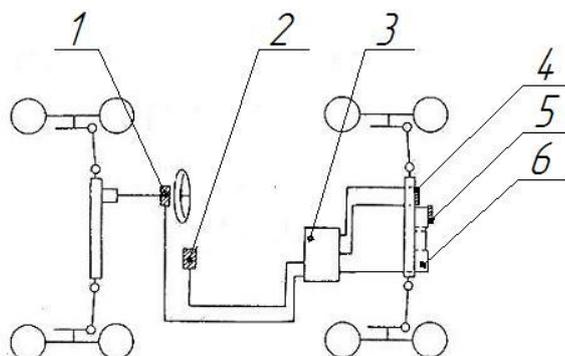


Рис. 2. Схема системы подруливания:
1-датчик угла поворота рулевого колеса; 2- датчик скорости автомобиля;
3-электронный блок управления; 4,5 - задние датчики поворота рулевого колеса (основной и дополнительный); 6- электромотор

Принцип работы NICAS основан на обработке данных, поступающих от датчика угла поворота рулевого колеса и датчика скорости автомобиля, электронным блоком управления, который, в свою очередь, управляет поворотом задних колес при помощи рулевого механизма, оснащенного электроприводом и встроенного в заднюю подвеску автомобиля.

Система работает в двух режимах: при малых скоростях и высоких. Автомобиль, двигаясь по дороге, не поворачивает, а переходит в другой ряд параллельно полосам разметки, таким образом, получается движение по дуге большого радиуса и меньшей кривизны, уменьшается риск потери устойчивости курса [3].

При движении на малых скоростях (до 40 км/ч) задние колеса поворачиваются в противоположную сторону передним, но если автомобиль едет с высокой скоростью (больше 40 км/ч) и при этом появляется необходимость резкого обгона, то все четыре колеса поворачиваются в одну сторону, что обеспечивает значительное увеличение радиуса поворота, следствием чего является снижение сил инерции и лучшая курсовая устойчивость, снижается степень риска заноса. Но для того, чтобы автомобиль не был сильно чувствителен к действиям водителя, угол подруливания ограничивают 10 градусами (рисунок 3):

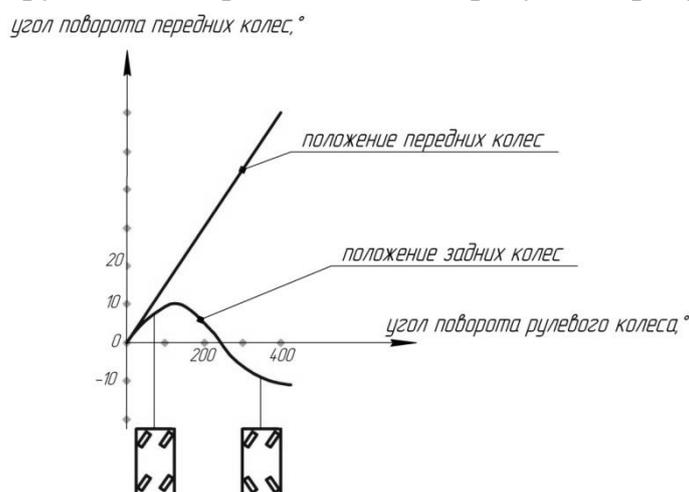


Рис. 3. Диаграмма поворота колес

Если система выходит из строя, она переводится в состояние высокой скорости. То есть задние колеса подруливают в ту же сторону, что и передние.

На данный момент система поворота задних колес HICAS наиболее современная, при резких маневрах на высокой скорости увеличивает курсовую устойчивость, улучшает маневренность при парковке или развороте, обеспечивает чувствительность машины к повороту руля.

Список использованных источников:

[1] Нарбут А.Н. Автомобили: Рабочие процессы и расчет механизмов и систем: учебник для студ. высш. учеб. заведений. Москва, Издательский центр «Академия», 2007, 256 с.

[2] Автомобили сегодня. Система 4WS (+HICAS). URL: <http://cars.negrov.net/articles/4ws/> (дата обращения 16.03.2016).

[3] Система HICAS. URL: <https://www.drive2.ru/l/808104/> (дата обращения 16.03.2016).

Селькин Сергей Алексеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: s.a.selkin@yandex.ru

Плахов Сергей Александрович - канд. техн. наук, старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: aser.work@yandex.ru

А.А. Брынза, Е.В. Брынза, В.М. Алакин

ПОДХОД К МОДЕРНИЗАЦИИ ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА В ЭЛЕКТРОУСИЛИТЕЛЕ РУЛЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

При установке электроусилителя руля на автомобиль ВАЗ-21214 (Нива) существуют основания и предпосылки технологического и эксплуатационного характера указывающие на необходимость модернизации червячной пары.

Технологические особенности червячной пары позволяют делать редукторы с большим передаточным соотношением. При этом данная передача остается компактной и выдерживает большие нагрузки. Основные достоинства червячной пары (передачи) [4]:

- Высокое передаточное соотношение при использовании всего двух деталей. Оно может достигать 1:110, хотя такие передачи используются не так часто. Чтобы получить такое соотношение используют только цилиндрические устройства (шестерни), то для этого понадобится минимум передача из 3-х деталей (шестерен);
- Компактность редуктора на основе червячной пары, опять же, благодаря червяку;
- Высокая плавность хода, по сравнению с цилиндрическими системами;
- Низкий уровень шума червячной передачи основан на том, что червяк плавно скользит по зубцам, в отличие от цилиндрических шестеренчатых передач.

Червячная передача обладает так называемым эффектом самоторможения. Данное свойство приносит дополнительные положительные функции – отпадает необходимость использовать тормозное устройство. При этом червяк не дает проворачиваться червячному колесу самостоятельно. Но это свойство может создавать дополнительные трудности, поэтому обязательно учитывается при создании механизмов на основе червячных пар.

Червячная пара так же имеет некоторые недостатки, которые учитываются при создании редукционных систем и механизмов на ее основе [4].

Низкий процент КПД, образуется в результате высокого коэффициента трения червяка с зубчатым колесом. На КПД так же влияет высокое передаточное соотношение. В среднем КПД зубчатых передач равен около 55%. Чтобы его повысить, для зубчатого колеса и поверхности червяка используют материалы с низким коэффициентом трения – бронзу, закаленную сталь. В некоторых системах используют пластики на основе капрона (и другие современные модификации), они обладают не только низким коэффициентом трения, но значительно снижают уровень шума.

Высокий нагрев редукторов на червячной паре. Опять же, все из-за вездесущего трения. Поэтому для снижения трения используют специальные смазки, а так же дополнительное охлаждение, которое может производиться непосредственно подачей воздуха. Создание ребер охлаждения на корпусе редуктора, использование бронзовых червячных колес – все это делается для удаления излишков тепла и является отрицательной стороной червячной передачи [4].

Червячные передачи можно использовать для передачи мощности не более 60 кВт, при повышении этого порога используют глобоидные передачи. Правда, такие системы редкость, но все же встречаются в некоторых промышленных механизмах. При этом берут во внимание непосредственно конкретные условия эксплуатации, где учитываются сотни факторов механизма и условий его работы, а так же экономическую эффективность и целесообразность.

Еще один недостаток – это люфт выходного вала, который увеличивается при износе червячного колеса. Несмотря на это, на основе червячных систем создаются механизмы, которые используются в устройствах ЧПУ, роботизированных механизмах, и прецизионных устройствах.

Червячные пары в основном используются в самостоятельном исполнении, на ее основе создаются различные классы редукторов. Несмотря на некоторые недостатки системы, в редукторах она используется как наиболее распространенная. По факту, червячные редукторы имеют больший износ и меньший ресурс эксплуатации, но это связано не сколько от самой системы, а зависит непосредственно от режима эксплуатации. Использование редукторов на основе червячной пары имеет некоторые особенности, которые, как правило, указываются непосредственно в документах об их эксплуатации. При соблюдении описанных там правил, время работы червячных редукторов отвечает их гарантированным срокам [1].

В связи с тем, что червячное колесо выполняется, как правило, из пластмасс или композиционных материалов срок службы его недолговечен (150 тыс. – 200 тыс. км) и плюс ко всему этому новое червячное колесо невозможно будет установить вместо старого выработанного и ЭУР придется менять целиком. Поэтому чтобы этого избежать будет рассматриваться изготовление червячного колеса из безоловянной бронзы БрА9Ж4, которое будет запрессовываться на ступицу тихоходного колеса под посадку H7/s6 (рис. 1).

Червячный вал под замену следует изготавливать из среднеуглеродистой стали марки 40Х с поверхностной закалкой до твердости (45...54) HRC с последующим шлифованием витков [3].

В результате такой замены возрастет скольжение и произойдет небольшое увеличение КПД передачи и увеличится срок службы ЭУР. Также возрастает ремонтпригодность ЭУР, вследствие того, что достаточно будет запрессовать новый зубчатый венец замен старого.

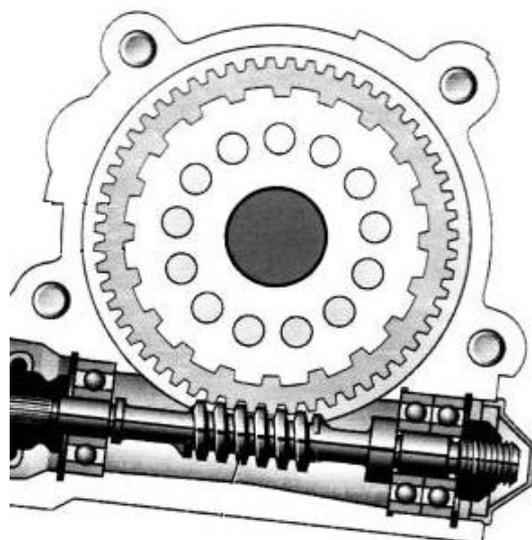


Рис. 1. Червячная пара в разрезе электроусилителя рулевого управления

Недостатком установки такого червячного колеса на привод ЭУР станет увеличение цены ЭУР на 10-15 %.

Графики, демонстрирующие характеристики работы электроусилителя после модернизации (рис. 2-4) [2]:

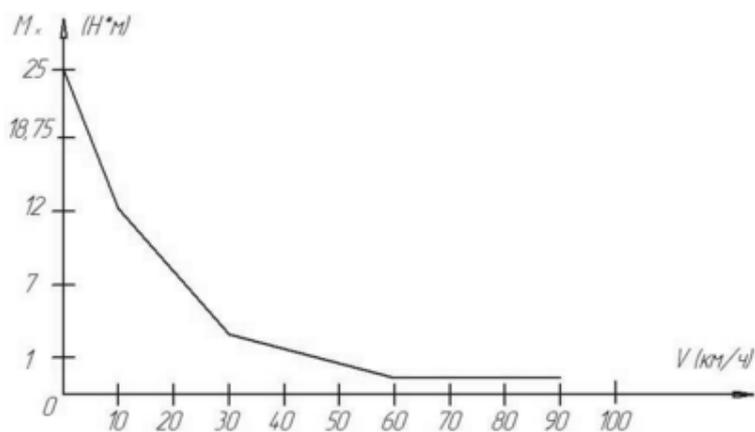


Рис. 2. Зависимость максимального компенсирующего момента от скорости, создаваемого системой для автомобилей семейства ВАЗ-2123

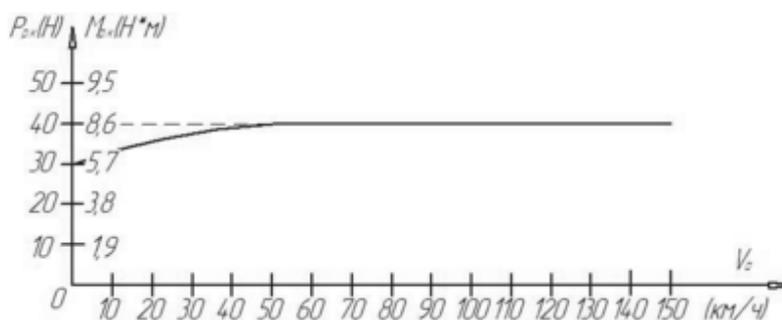


Рис. 3. Зависимость усилия на рулевом колесе от скорости движения автомобиля

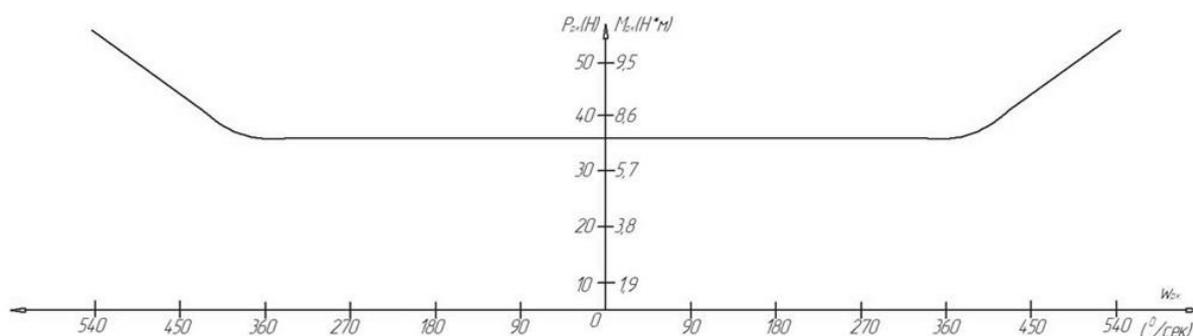


Рис. 4. Зависимость усилия на рулевом колесе от скорости вращения рулевого колеса для стоящего на месте автомобиля

Список использованных источников

- [1] Тольяттинский завод механической обработки. URL: <http://tzmo.net/chervyachnoe-koleso> (дата обращения 26.03.2016)
- [2] Электромеханический усилитель рулевого управления (ЭУРУ) URL: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/rulevoe-upravlenie/e-lektrousiliteli-rulevogo-upravleniya/> (дата обращения 25.03.2016)
- [3] Червячная передача. URL: http://cherch.ru/mechanicheskie_peredachi/chervyachnaya_peredacha.html (дата обращения 26.03.2016)
- [4] ЗАО «Завод специального машиностроения «маяк» URL: http://zsm-m.ru/products/zubchatye_pary/chervyachnoe-koleso/ (дата обращения 25.03.2016)

Брынза Андрей Андреевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана.
E-mail: wolf_93_21@mail.ru

Брынза Елена Васильевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана.
E-mail: lena.brynza@yandex.ru

Алакин Виктор Михайлович - канд. техн. наук, заместитель директора по инновациям КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alakin@bmstu-kaluga.ru

А.А. Кулешов, А.И. Пономарев

РАЗРАБОТКА ЗАДНЕЙ НЕЗАВИСИМОЙ ПОДВЕСКИ НА ДВОЙНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ РЫЧАГАХ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ ВАЗ 2121

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Подвеска, являясь промежуточным звеном между кузовом автомобиля и дорогой, должна быть легкой и наряду с высокой комфортабельностью обеспечивать максимальную безопасность движения. Для этого необходимы точная кинематика колес, легкость поворота управляемых колес, а также изоляция кузова от динамических воздействий дороги и вибрации. Кроме того, надо учитывать, что подвеска передает на кузов силы, возникающие в контакте колеса с дорогой, поэтому она должна быть прочной и долговечной.

Существует два варианта поддрессоривания кузова автомобиля – зависимая и независимая подвеска [1]. В современных легковых автомобилях применяется, как правило, независимая подвеска. Это подразумевает, что колеса на одной оси не имеют жесткой связки друг с другом, а изменение положения относительно кузова машины одного никак или почти никак не влияет на положение второго. При этом углы развала и схождения колес способны меняться в довольно значительных пределах.

Независимые подвески имеют большой потенциал к развитию, становятся сложными конструкциями, сочетающими механические, гидравлические, пневматические и электрические элементы, зачастую имеют электронные системы управления, что позволяет достичь сочетания высоких параметров комфортабельности, управляемости и безопасности.

В настоящее время на автомобилях ВАЗ 2121 «Нива» используется задняя зависимая подвеска с винтовыми цилиндрическими пружинами и гидравлическими телескопическими амортизаторами двухстороннего действия. на упругой балке. Она обладает большой массой, приводит к относительно плохой управляемости автомобилем и снижению сцепления с дорогой при наезде на препятствие, также имеется высокая вероятность заноса при прохождении поворотов. Для увеличения комфорта и информативности управления, повышения проходимости в данной работе предложено заменить заднюю зависимую подвеску ВАЗ 2121 на независимую на двойных поперечных рычагах.

Преимущества независимой подвески на двойных поперечных рычагах [2]. В независимой подвеске на двойных поперечных рычагах два вильчатых рычага, обычно треугольных по форме, направляют качение колеса. Ось качения рычагов расположена параллельно продольной оси автомобиля. С течением времени независимая подвеска двухрычажного типа стала стандартным оборудованием автомобилей. В свое время она доказала следующие бесспорные преимущества:

- малая неподрессоренная масса;
- незначительная потребность в пространстве;

- возможность корректирования управляемости автомобиля;
- доступное совмещение с передним приводом.

Главное преимущество такой подвески - возможность для проектировщика путем выбора определенной геометрии рычагов жестко задать все основные установочные параметры подвески - изменение развала колес и колеи при ходах сжатия и отбоя, высоту продольного и поперечного центров крена, и так далее. Кроме того, такая подвеска нередко полностью монтируется на крепящейся к кузову или к раме поперечине, и таким образом представляет собой отдельный агрегат, который может быть целиком демонтирован с автомобиля для ремонта или замены.

С точки зрения кинематики и управляемости подвеска на двойных поперечных рычагах считается наиболее оптимальным и совершенным типом, что обуславливает очень широкое распространение такой подвески на спортивных и гоночных автомобилях.

Устройство и принцип работы задней независимой подвески на двойных поперечных рычагах. Кинематическую схему разрабатываемой задней независимой подвески на двойных поперечных рычагах представим в виде рисунка 1.

Схема достаточно консервативна, но имеет ряд преимуществ и новшеств. Итак, разрабатываемая подвеска состоит из двух поперечных рычагов разной длины 2 и 3, расположенных друг над другом, раздвоенные стороны которых крепятся к кузову, а противоположные концы с помощью шарниров к верхней и нижней частям ступицы, пружины 7, амортизатора 4, буферов отбоя 8, стабилизатора поперечной устойчивости 9. Для правильной настройки углов схождения такой подвески необходимо установить один рычаг.

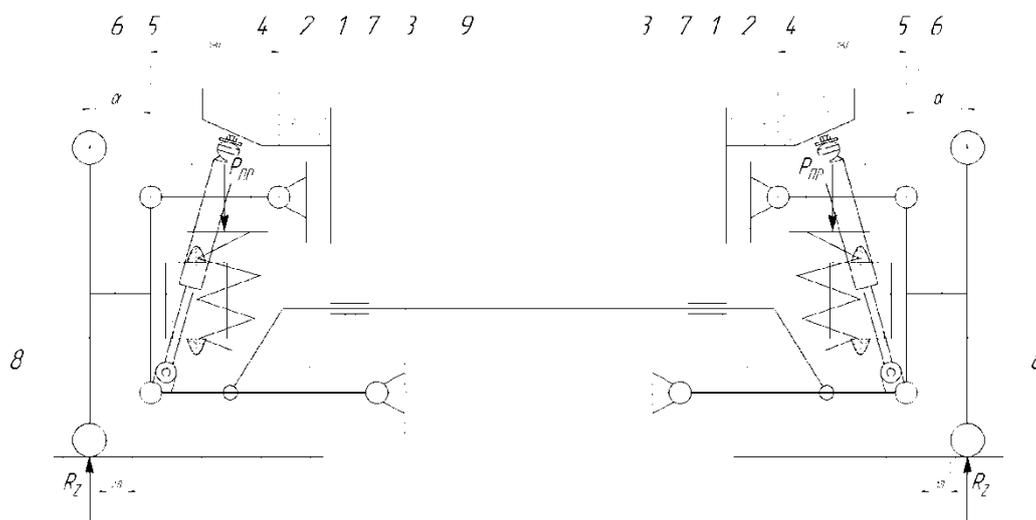


Рис. 1. Кинематическая схема разрабатываемой задней независимой подвески на двойных поперечных рычагах

- 1 - кузов автомобиля; 2 - верхние рычаги; 3 - нижние рычаги;
 4 - амортизаторы; 5 - ступицы колес; 6 - колеса; 7 - пружины; 8 - буферы отбоя; 9 - стабилизатор поперечной устойчивости

Чем больше может быть расстояние смежду поперечными рычагами (рис.2), тем меньше силы в рычагах и их опорах, т.е. тем меньше податливость всех деталей и точнее кинематика подвески. Этому способствует эластичное восприятие жесткого качения радиальных шин верхними рычагами (что возможно лишь при этой конструкции независимой подвески). За счет разной длины можно влиять на угловые перемещения колес при ходах отбоя и сжатия, т.е. на изменение развала и (в определенных границах), независимо от этого, на изменение колеи. При более коротких верхних рычагах колеса при ходе сжатия наклоняются в сторону отрицательного развала, а при ходе отбоя – в сторону положительного. За счет этого можно противодействовать изменению развала, обусловленному боковым креном кузова.

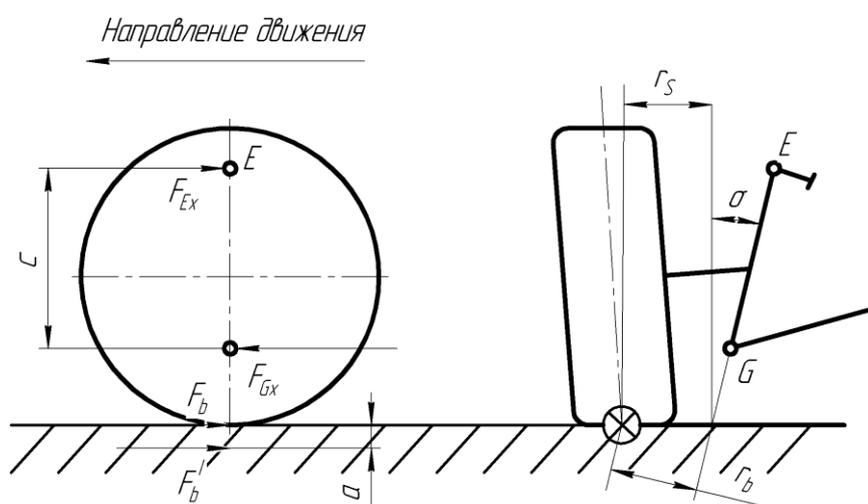


Рис. 2. Тормозные силы в колесе

Тормозная сила F_b имеет относительно оси поворота EG плечо $r_b = r_s \cos \sigma$. Перенесенная по перпендикуляру на эту ось сила F_b вызывает наибольшую реакцию в точке G: $F_{Gx} = F_b + F_{Ek}$.

Таким образом, разработанная независимая подвеска позволяет улучшить комфорт передвижения и параметры проходимости автомобиля Нива. В дальнейшем планируется определить параметры рычагов и углов расположения элементов подвески.

Список использованных источников:

[1] Раймпель Й. *Шасси автомобиля: Конструкции подвесок*. Москва, Машиностроение, 1989, с. 204-208.

[2] *Преимущества независимой подвески*. URL: <http://autokadabra.ru/shouts/3941> (дата обращения: 22.03.2016)

Кулешов Андрей Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: andrey2581@yandex.ru

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

В.В. Рабецкий, Н.П. Кодинцев

РАЗРАБОТКА ПЕРЕДНЕЙ НЕЗАВИСИМОЙ ПОДВЕСКИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ УАЗ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Независимые подвески, обеспечивающие плавный ход автомобиля, путем смягчения воспринимаемых колесами ударов и толчков при наезде на неровности дороги известны уже давно. Первая передняя независимая подвеска появилась на автомобиле Morgan в 1911 г. и с тех пор она заняла свое законное место в мировом автомобилестроении [1]. Конструкция независимой подвески постоянно дорабатывается, путем добавления новых конструкторских новшеств. На данный момент в автомобилестроении наиболее распространены независимые подвески типа Макферсон, подвеска на косых рычагах и многорычажная подвеска [2].

Независимая подвеска имеет огромный потенциал для развития, что сопровождается медленным, но верным вытеснением зависимых подвесок из автомобилестроения.

Преимущества независимой подвески. Независимые подвески имеют ряд преимуществ перед зависимыми подвесками.

Наиболее очевидным преимуществом является комфорт и высокая информативность при управлении автомобилем с независимой подвеской, сцепка с дорогой на порядок выше, нежели на зависимой конструкции (особенно на высоких скоростях), что весьма важно, учитывая нюансы дорог России. Также существенным преимуществом данной подвески является возможность настройки параметров подвески под конкретные условия движения.

Для линейки автомобилей УАЗ традиционной схемой является использование передней зависимой подвески, так как с самого основания завода проектировались машины повышенной проходимости, а использование данной подвески обеспечивало высокую проходимость и хорошую надежность, однако о комфорте в автомобиле можно забыть. Но на сегодняшний день конструкции независимых подвесок сделали огромный шаг в сторону надежности и высоких проходимых характеристик примером этого служат Land Rover "Freelander" и американский военный вездеход HMMWV [3]. На сегодняшний день линейка автомобилей марки УАЗ хоть и позиционируют себя как внедорожники, но большинство этих авто мы видим на улицах городов и проселочных дорогах, где нет необходимости в повышенной проходимости. Но, даже учитывая возможности заезда в труднопроходимые участки, независимая подвеска показывает хорошие результаты и в этом аспекте, следовательно, установка независимой подвески на автомобили УАЗ является актуальной.

Устройство и принцип работы независимой многорычажной подвески. Устройство и принцип работы многорычажной подвески поясняются на рисунке 1.

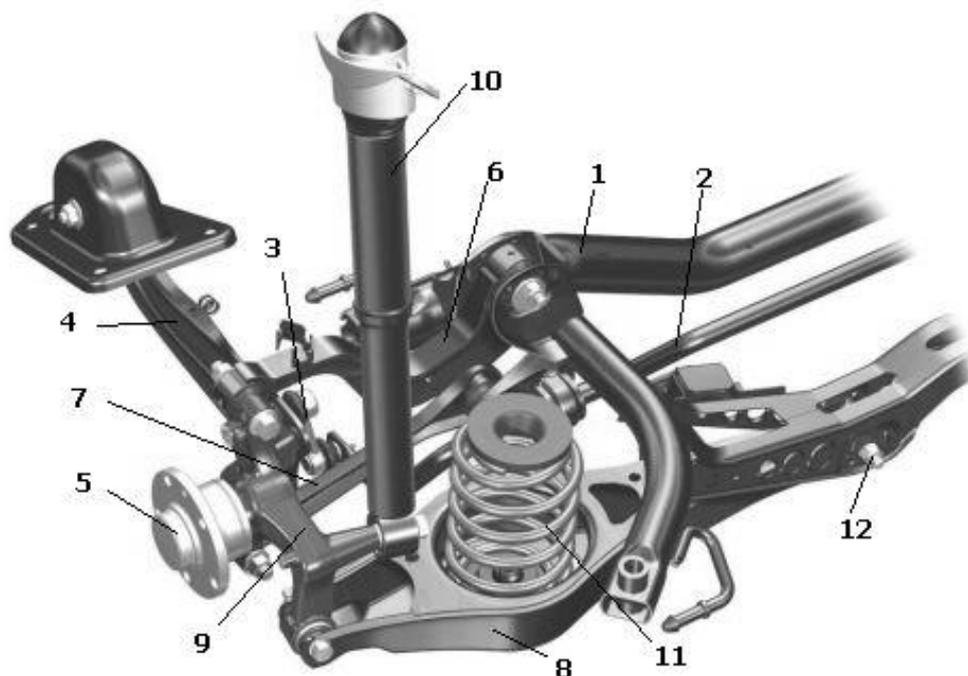


Рис. 1. Схема многорычажной независимой подвески

1-подрамник; 2-стабилизатор поперечной устойчивости; 3-стойка стабилизатора поперечной устойчивости; 4-продольный рычаг; 5-ступица колеса; 6-верхний поперечный рычаг; 7-передний нижний поперечный рычаг; 8-задний нижний поперечный рычаг; 9-корпус опоры колеса; 10-амортизатор; 11-винтовая пружина; 12-узел регулировки схождения [4].

Подрамник является несущим элементом подвески. К подрамнику через резинометаллические втулки крепятся поперечные рычаги. Поперечные рычаги соединены со ступичной опорой и обеспечивают ее положение в поперечной плоскости. В конструкции подвески может использоваться от трех до пяти поперечных рычагов. Стандартная конструкция многорычажной подвески включает три поперечных рычага: верхний; передний нижний; задний нижний. Верхний рычаг служит для передачи поперечных усилий и связывает корпус опоры колеса с подрамником. Передний нижний рычаг определяет схождение колеса. Задний нижний рычаг воспринимает вес кузова, который передается на рычаг через пружину. Продольный рычаг выполняет функцию ведения колеса в продольном направлении. Продольный рычаг с помощью опоры крепится к кузову автомобиля. С другой стороны рычаг соединен со ступичной опорой. На каждое из колес приходится свой продольный рычаг. Ступичная опора (корпус опоры колеса) является основанием для размещения ступичного подшипника и крепления колеса. Подшипник закрепляется на опоре болтом.

Для восприятия нагрузок в подвеске установлена винтовая пружина. Пружина опирается на задний нижний поперечный рычаг. Амортизатор обычно расположен отдельно от пружины. Он соединен со ступичной опорой.

В конструкции многорычажной подвески используется стабилизатор поперечной устойчивости, который снижает крены кузова автомобиля при прохождении поворотов и обеспечивает необходимое сцепление задних колес с дорогой. Штанга стабилизатора закрепляется с помощью резиновых опор на подрамнике. Специальные тяги обеспечивают соединение штанги со ступичными опорами.[4]

Вывод. При сохранении прежних параметров авто и для улучшения комфортности и управляемости автомобилей УАЗ на повышенных скоростях предлагается установить независимую многорычажную подвеску.

Список использованных источников:

[1] *История. Первые системы подвески.* URL: http://nastarte.net/article_page.php?id=3927 (дата обращения: 20.03.2016).

[2] Карунин А.Л. *Конструкция автомобиля. Шасси.* Москва, Издательство МАМИ, с. 287-299.

[3] *HMMWV.* URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HMMWV> (дата обращения: 20.03.16)

[4] *Независимая подвеска. Типы, устройство и принцип работы.* URL: <http://pnipokolesu.ru/podveska/44-nezavisimaya-podveska-tipy-ustrojstvo-i-printsip-raboty> (дата обращения: 22.03.16)

Рабецкий Вадим Вадимович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана.
E-mail: v.vadimy4@yandex.ru

Кодинцев Николай Павлович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: knp-kaluga@yandex.ru

А.И. Пономарев, А.П. Белкина

РАЗРАБОТКА РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ С ВАРИАТОРАМИ ДЛЯ ПОЛНОПРИВОДНОГО ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Раздаточная коробка является неотъемлемым атрибутом автомобиля, оборудованного системой полного привода. Раздаточная коробка распределяет крутящий момент по осям автомобиля, а также увеличивает крутящий момент при движении по плохим дорогам и бездорожью.

Как известно, тяговая динамика и топливная экономичность являются одними из основных эксплуатационных свойств колесных машин. Для полноприводных машин существенна также и подвижность. Опыт эксплуатации, а также экспериментальные и теоретические исследования показывают, что на эти свойства значительное влияние оказывает схема подвода мощности к ведущим колесам.

Существующие сегодня две основные схемы привода: дифференциальный и блокированный - не позволяют достичь наилучших показателей работы колесной машины во всем диапазоне дорожных условий. Так на сухой твердой дороге или плотном грунте лучшими качествами обладает дифференциальный привод. Он позволяет колесам двигаться по разным траекториям, не создавая дополнительных нагрузок на трансмиссию.

Актуальность разработки усовершенствованной раздаточной коробки. Обзор литературы показывает, что отсутствуют конструкции, которые позволяют обеспечивать дифференциальную связь между выходными валами агрегатов трансмиссии колесной машины и дают возможность распределять моменты на этих валах в соответствии с тяговыми возможностями связанных с ними ведущих колес, без введения дополнительных элементов трения или подторможивания колес.

Для улучшения эксплуатационных свойств полноприводных колесных машин (ПКМ) необходимо рациональное распределение мощности по колесам в зависимости от условий движения. Существующие сегодня основные схемы привода: дифференциальный и блокированный - не позволяют достичь наилучших показателей работы колесной машины во всем диапазоне дорожных условий.

Разрешением этой проблемы было бы создание таких механизмов, которые, сохраняя дифференциальный эффект, обеспечивали бы оптимальное распределение тяговых усилий по колесам.

Таким образом, является актуальной проблема совершенствования механизмов передачи мощности от двигателя к ведущим колесам, которая в данной работе решается за счет установки вариаторов на выходных валах

межосевого дифференциала в раздаточной коробке двухосной полноприводной колесной машины. Это обеспечивает возможность перераспределения мощностного потока между ведущими мостами в зависимости от коэффициента сцепления между колесами и дорогой при сохранении дифференциальной связи между мостами и отсутствии дополнительных элементов трения, которые создавали бы блокирующий эффект в трансмиссии.

Схема раздаточной коробки с вариаторами. Для обеспечения уверенного движения колесной машины в различных условиях эксплуатации дифференциалы, установленные в трансмиссии, должны распределять крутящие моменты между выходными валами в пропорциях, обеспечивающих наилучшие тяговые свойства КМ (колесных машин). В идеале для преодоления трудных участков дороги необходимо, чтобы крутящие моменты, подаваемые к мостам, были пропорциональны их сцепным весам и коэффициентам сцепления шин с дорогой.

Сцепной вес еще может быть с достаточной точностью учтен введением соответствующего передаточного числа дифференциала, например, $U_d = -1$ (для дифференциалов в мостах у всех автомобилей и для дифференциалов в раздаточных коробках у машин с колесной формулой 4x4 при равной развесовке) или $U_d = -2$ (для межосевого дифференциала в раздаточной коробке для машин с колесной формулой 6x6). Заранее же учесть переменный коэффициент сцепления колеса с дорогой не представляется возможным.

Поэтому, чтобы не вводить дополнительные элементы трения и не ухудшать экономические показатели КМ, для обеспечения уверенного движения КМ в различных условиях эксплуатации предлагается после выходных валов дифференциала установить два вариатора (рисунок 1).

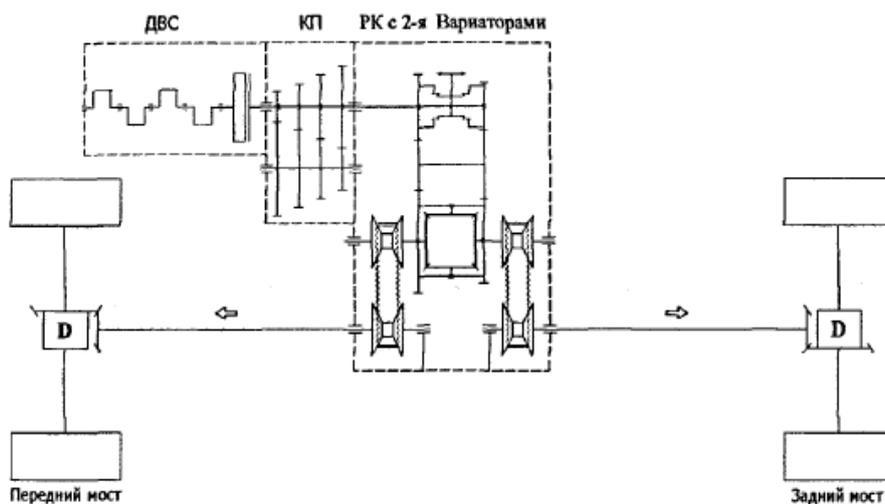


Рис. 1. Схема трансмиссии автомобиля с двумя вариаторами

Чертеж усовершенствованной раздаточной коробки с вариаторами представлен на рисунке 2.

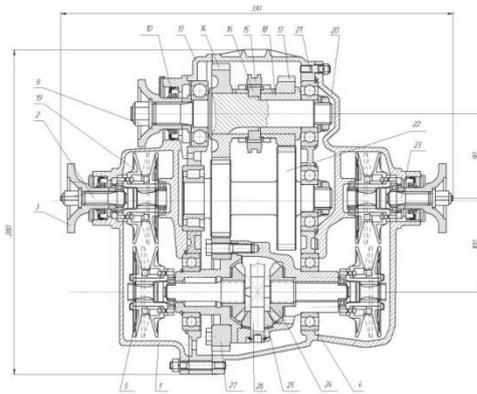


Рис. 2. Чертеж раздаточной коробки с вариаторами

При увеличении частоты вращения одного моста (например, переднего) по сравнению с частотой вращения второго (заднего) моста, сигнал рассогласования этих частот дает команду исполнительным механизмам на сближение конических дисков на ведущем валу вариатора переднего моста и на раздвигание таковых на ведомом валу, для ускорения реагирования желательнее в вариаторе заднего моста обеспечить противоположный процесс. При этом происходит увеличение момента на валу заднего моста по сравнению с моментом, передаваемым на вал переднего моста.

Выбор приборов и средств измерения для экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования раздаточной коробки производят на стенде модели КОПИС КС-03 (рисунок 3).



Рис. 3. Стенд обкаточный универсальный модели КОПИС КС-03 для раздаточных коробок (РК) грузовых, легковых и малотоннажных автомобилей

Стенды обкаточные универсальные модели КОПИС КС-03 и КОПИС КС-031 предназначены для:

- эксплуатирующих организаций, имеющих разномарочный подвижной состав, самостоятельно выполняющих различные виды ремонта и имеющих технологическую потребность в послеремонтной обкатке и испытании РК;
- авторемонтных заводов;
- заводов-изготовителей;
- сервисных центров;
- учреждений высшего и среднего специального образования.

Контролируемые параметры: частота вращения входного вала РК; частота вращения переднего фланца РК; частота вращения заднего фланца РК; тормозной (нагрузочный) момент на входном валу РК; тормозной момент на переднем фланце РК; тормозной момент на заднем фланце РК; давление в картере РК; время (продолжительность обкатки).

Собранная раздаточная коробка испытывается без нагрузки на стенде с целью проверки качества сборки и правильности работы.

Перед испытанием в картеры коробки заливается масло индустриальное 20 или веретенное 3 с температурой не ниже 80 °С. Направление вращения первичного вала должно быть по часовой стрелке, что соответствует переднему ходу автомобиля.

На каждом режиме, указанном в таблице 1, включается высшая и низшая передачи коробки и блокировка дифференциала.

Таблица 1. Режимы испытания раздаточной коробки

Частота вращения первичного вала, об/мин	Продолжительность испытания, мин
500-600	10
1400-1500	10
2500-2600	20

При испытании раздаточной коробки не допускается:

- заедание и неплавное переключение передач и включение блокировки дифференциала;
- стук или неравномерный шум шестерен;
- течь масла;
- нагрев картеров коробки в местах установки подшипников выше 80 °С.

По окончании испытания слить масло и удалить с магнитных пробок металлическую пыль. Одно и то же масло может быть использовано для испытания не более пяти раздаточных коробок.

Список использованных источников:

[1] Камаль Альскейф Динамика двухосной полноприводной колесной машины с вариаторами в раздаточной коробке. *Известия ВУЗов. Сер. Машиностроение*, 2007, № 8, с. 44-48.

[2] Камаль Альскейф, Фоминых А.Б. Математическая модель движения по ровной дороге двухосной полноприводной колесной машины с вариаторами в раздаточной коробке. *Известия ВУЗов. Сер. Машиностроение*, 2007, № 7, с. 32-36.

[3] Фоминых А.Б., Камаль Альскейф Дифференциальный механизм с переменным передаточным числом *Известия ВУЗов. Сер. Машиностроение*, 20067, № 12, с. 37-42.

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apom2005@yandex.ru

Белкина Анна Павловна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: anna.belkina92@yandex.ru

С.А. Плахов, А.И. Пономарев, М.В. Крылов

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКИ ПОДКЛЮЧАЕМОГО ПОЛНОГО ПРИВОДА НА АВТОМОБИЛЕ ШЕВРОЛЕ НИВА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Автоматически подключаемый полный привод – самая сложная и дорогая схема полного привода: при нормальной эксплуатации момент передается только на одну ось, а при необходимости подключается вторая ось.

Эти трансмиссии позволяют двигаться как с отключенным полным приводом для экономии топлива, так и в режиме постоянного полного привода без ущерба для управляемости и риска повредить трансмиссию. Фактически, это трансмиссия, которую можно принудительно перевести в режим, при котором крутящий момент передается только на два колеса.

Конструкция системы полного привода, подключаемого автоматически, аналогична постоянному полному приводу. Исключение составляет наличие муфты подключения задней оси [1]. Вал, который передает крутящий момент на ведущую ось, через специальную муфту связан с колесами другой оси. Муфта обычно устанавливается в непосредственной близости к заднему мосту. В нормальных условиях движения муфта разблокирована, а в экстремальных ситуациях – блокирует и передает крутящий момент на колеса вспомогательной оси.

Механическая часть муфты состоит из цилиндрического входного вала с шестеренчатым насосом и рабочим поршнем, ведомого вала с приводной головкой и дисковым кулачком, а также набора фрикционных дисков. Наружные диски соединены с ведущим валом, а внутренние диски через продольное зубчатое зацепление с ведомым валом.

При пробуксовке одного из колес автомобиля возникает разница в частоте вращения между ведомым и ведущим валами, и на поршень направляется то выступающая, то опускающаяся часть кулачковой шайбы. В результате возвратно-поступательного движения поршня давление масла в гидравлической системе повышается и рабочий поршень давит на нажимной диск набора фрикционных дисков. Набор фрикционных дисков сжимается, и между входным и выходными валами возникает таким образом сцепление.

В отличие от традиционных систем постоянного привода система с автоматической муфтой имеет ряд преимуществ: автомобиль сохраняет характеристику переднеприводного, время срабатывания муфты очень мало и задний привод подключается очень быстро, различные размеры шин (аварийное колесо) не вызывают никаких проблем. На рисунке 1 представлена схема автоматической электрогидравлической фрикционной муфты [2].

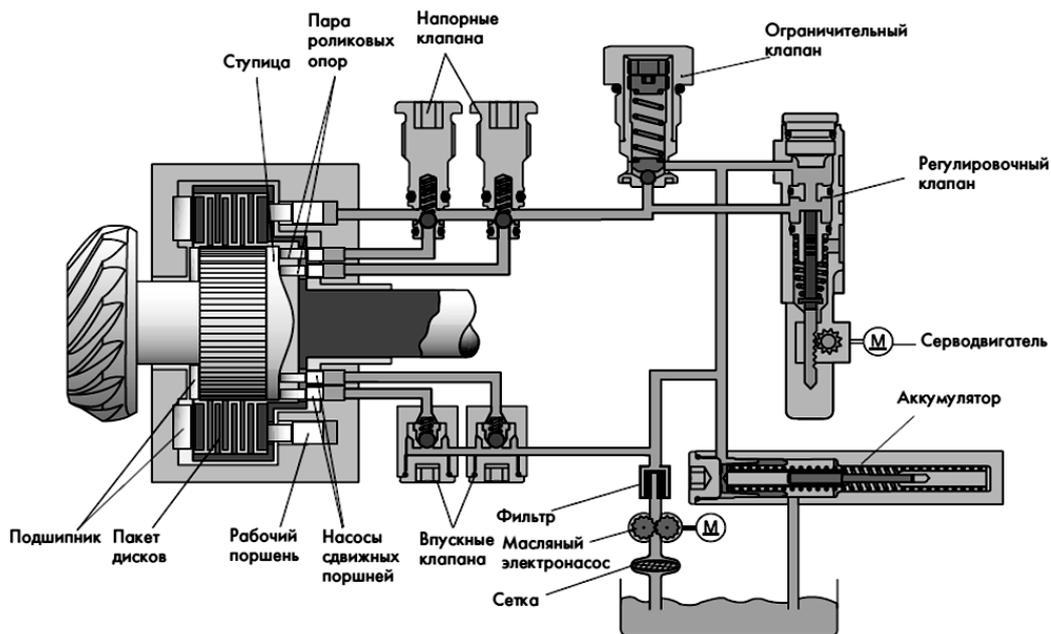


Рис. 1. Схема автоматической муфты

Конструкция электрогидравлической муфты [2]. Гидравлическая часть муфты состоит из электрического подпиточного насоса, масляного фильтра, впускных и нагнетательных клапанов, регулятора давления с регулировочным клапаном, предохранительного клапана и гидроаккумулятора. Для того чтобы система могла быстро срабатывать, подпиточный электрический насос, начиная с частоты вращения 400 об/мин, нагнетает в гидравлической системе муфты давление подпитки 0,4 МПа. Давление подпитки поддерживается гидроаккумулятором и воздействует как на поршни насоса, так и на рабочий поршень. Преимуществом такой компоновки, является то, что, с одной стороны, поршень насоса прилегает к дисковому кулачку и, с другой стороны, благодаря легкому давлению подпора устраняется зазор из набора фрикционных дисков. Гидроаккумулятор наряду с поддержанием давления подпитки имеет еще одну задачу – выравнять колебания давления в системе.

Предохранительный клапан предотвращает подъем управляющего давления свыше 10 МПа, защищая детали муфты от перегрузок. Клапан открывается, если действующее на его запорный орган давление преодолевает усилие предварительно сжатой пружины. При повышении давления до 10 МПа клапан открывается, перепуская масло в питающую магистраль и в резервуар через гидроаккумулятор, в результате чего давление масла в системе снижается до заданного уровня.

Основной элемент гидравлики – регулировочный клапан регулятора давления, определяет величину давления на диски и управляется от исполнительного двигателя, который в свою очередь работает по сигналам блока управления.

Когда регулировочный клапан закрыт, то при разнице в частоте вращения между входным и выходным валами создается рабочее давление, величина которого ограничивается предохранительным клапаном. Крутящий момент через муфту передается на задний мост.

Блок управления через шину данных (CAN-Bus) получает от АБС информацию о частоте вращения колес, продольном ускорении, сигнале торможения и включении ручного тормоза. Блок управления двигателя также через CAN-Bus выдает информацию о частоте вращения двигателя и положении педали акселератора. Наряду с входными сигналами через CAN-Bus блок управления муфты получает также дополнительные сигналы непосредственно от выключателя сигнала торможения ручного тормоза (муфта размыкается при включенном ручном тормозе) и от датчика температуры муфты.

Для установки электрогидравлической муфты на автомобиль Шевроле Нива необходимо демонтировать карданный вал, передающий крутящий момент от раздаточной коробки к задней главной передаче, и разобрать редуктор заднего моста [3]. Вместо старого ведущего вала задней главной передачи установить новый удлиненный, входящий своим концом со шлицами в корпус муфты. Далее устанавливается новый укороченный карданный вал и подсоединяются провода к блоку управления.

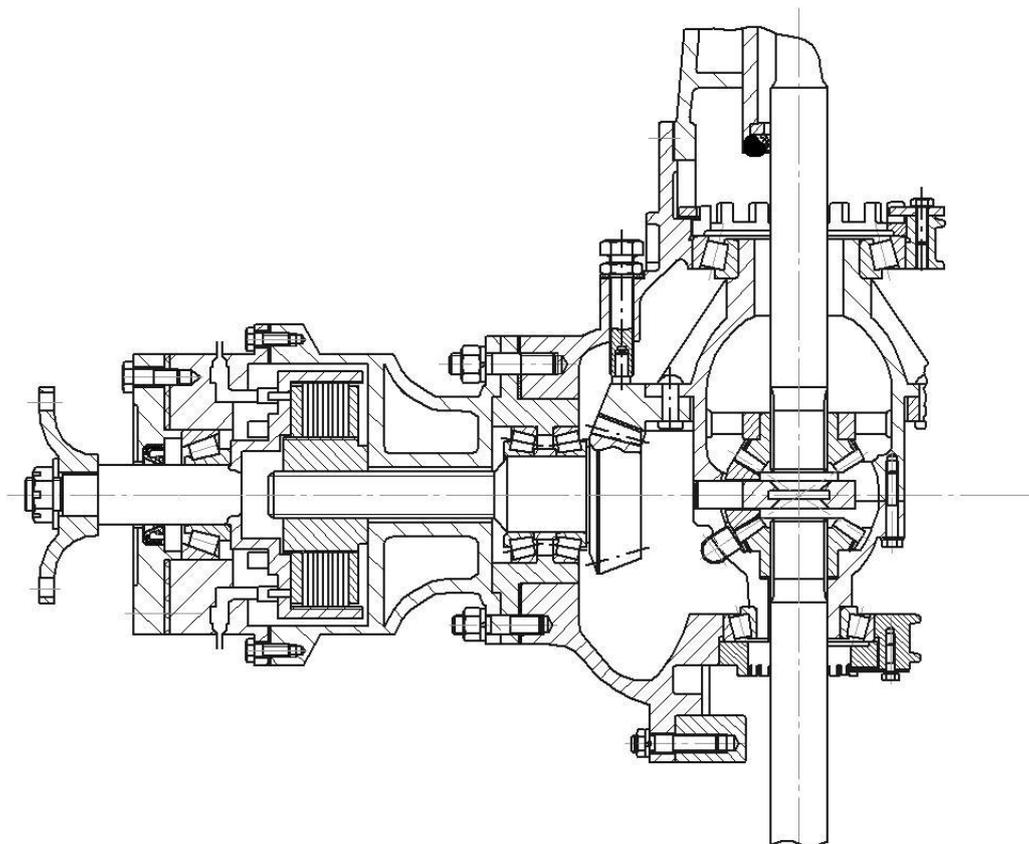


Рис. 2. Муфта в сборе с задним мостом Шевроле Нива

Расчет конструкции муфты. Расчет производится для проверки работоспособности муфты при ее установке на автомобиль Шевроле Нива. Для передачи крутящего момента от карданной передачи на главную передачу используется многодисковая фрикционная муфта, которая, помимо передачи вращающего момента, также выполняет функцию предохранительной муфты — при высоком вращающем моменте происходит проскальзывание.

Схема многодисковой фрикционной муфты показана на рисунке 3 [1].

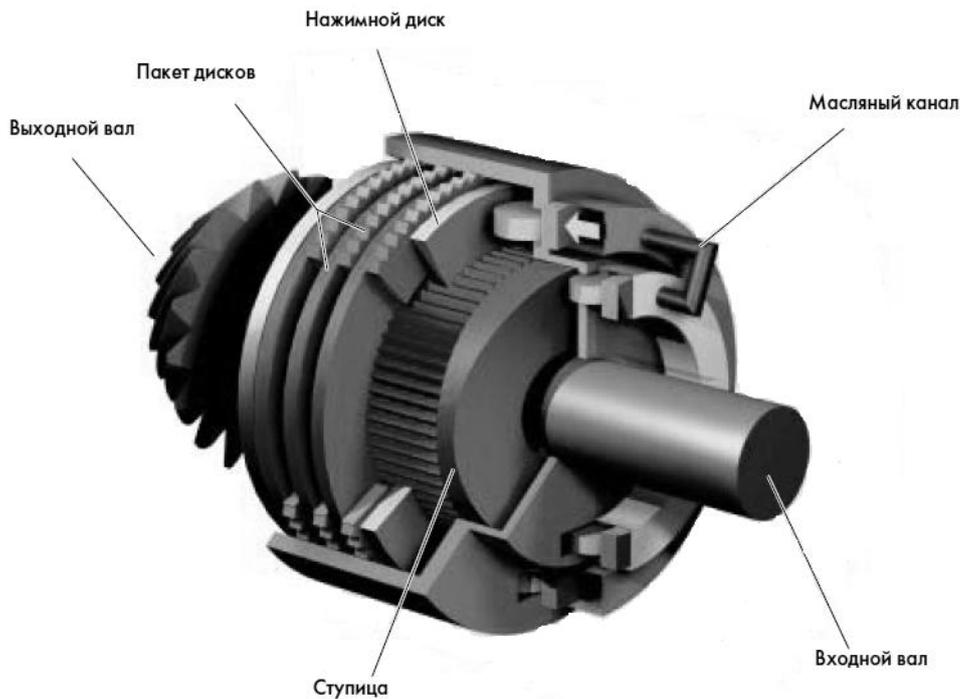


Рис. 3. Схема фрикционной муфты

Рассчитаем условие передачи муфтой требуемого момента [4]:

$$T_{\text{тр}} = K \cdot T$$

где $K=1,25\dots1,5$ — коэффициент запаса сцепления; T — крутящий момент, передаваемый муфтой [Нм];

Крутящий момент T , передаваемый муфтой, примем равным 127,5, что соответствует максимальному крутящему моменту создаваемому двигателем автомобиля Шевроле Нива. Таким образом, учитывается ситуация, когда автомобиль эксплуатируется только как заднеприводный, т.е. весь крутящий момент передается на заднюю ось.

$$T_{\text{тр}} = 1,3 \cdot 127,5 = 165,75 \text{ Нм}$$

Необходимо рассчитать рабочие поверхности дисков на износостойкость по возникающему на них давлению [4]:

$$p = \frac{8KT}{\pi(D_H^2 - D_B^2)D_C^2 f z} \leq [p],$$

где D_H , D_B , D_C — наружный, внутренний и средний диаметры рабочей поверхности дисков [м]; f — коэффициент трения для дисков; z — число по-

верхностей трения; p — расчетное давление на рабочей поверхности диска [МПа]; $[p]$ — допускаемое давление для дисков [МПа].

Коэффициент трения для материала дисков металлокерамика по закаленной стали $f = 0,4$.

Допускаемое давление для материала дисков металлокерамика по закаленной стали $[p] = 2$ МПа.

$$p = \frac{8 \cdot 1,3 \cdot 127,5}{[3,14(0,12^2 - 0,06^2)0,09^2 0,4 \cdot 8]} = 1,51 \text{ МПа}$$

Для того чтобы муфта не пробуксовывала, необходимо рассчитать осевую силу сжатия дисков, по которой в дальнейшем будет выбрано давление масла, подаваемого в муфту. Осевую силу рассчитаем по формуле [4]:

$$F_a = \frac{2KT}{(D_c f z)}$$
$$F_a = \frac{2 \cdot 1,3 \cdot 127,5}{(0,09 \cdot 0,4 \cdot 8)} = 1,15 \text{ кН}$$

Расчет фрикционной муфты показал, что расчетное давление на рабочей поверхности диска не превышает допустимое. Поэтому диски из выбранного материала выдержат оказываемое на них давление. Рассчитана величина осевой силы сжатия фрикционных дисков, необходимая для надежной работы муфты.

Выводы. Система полного привода с автоматической фрикционной многодисковой муфтой является наиболее выгодной и высокотехнологичной. Она обеспечивает безопасность движения автомобиля по мокрой дороге, подключая, когда это необходимо, полный привод; помогает преодолеть труднопроходимые участки дороги. Полный привод с автоматической муфтой гораздо экономичнее постоянного полного привода, т.к. подключает заднюю ось только в случае пробуксовки одного или нескольких колес, а в обычном режиме ведущей является только передняя ось.

Список использованных источников:

[1] Полный привод с муфтой «Haldex». URL: http://vwts.ru/vw_doc2/awd_haldex_rus.pdf (дата обращения 21.03.2016).

[2] Полноприводная трансмиссия URL: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/polnoprivodnaya-transmissiya/mufta-haldex>. (дата обращения 21.03.2016).

[3] Погребной С.М., Горфин И.С. Руководство по ремонту и эксплуатации Шевроле Нива. Москва, Третий Рим, 2010, 313 с.

[4] Фрикционные (асинхронные) муфты. URL: http://www.metiz-krepej.ru/mufta/frikcionnye_mufty.html (дата обращения 21.03.2016).

Плахов Сергей Александрович - канд. техн. наук, старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: aser.work@yandex.ru

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

Крылов Максим Викторович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: maxkrylov2015@yandex.ru

А.Б. Богомолов, А.И. Пономарев

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОУСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ВАЗ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Одна из проблем, стоявших перед конструкторами с начала эпохи автомобилестроения – облегчить рулевое управление. Долгое время способ решения был один: увеличить диаметр руля и повысить передаточное отношение привода. Такой метод позволял относительно легко управляться даже с многотонными грузовиками.

Установка электроусилителя на автомобиле семейства «ВАЗ» позволяет повысить качество реакции на изменения угла поворота рулевого колеса, улучшить маневренность и управляемость. Практика водителей доказывает, что с электроусилителем они чувствуют себя увереннее. Важное преимущество заключается в том, что при наличии электроусилителя приходится прикладывать меньшее усилие, чтобы войти в поворот, сделать маневр. Это положительно сказывается на состоянии человека при длительных поездках.

Электроусилителем рулевого управления (ЭУР) называется конструктивный элемент рулевого управления автомобиля, в котором дополнительное усилие при повороте рулевого колеса создается с помощью электрического привода.

Электроусилители, как правило, имеют две классические компоновки:

1. Механическое усилие передается непосредственно на вал рулевого колеса. Такой вариант используется для легкового транспорта малого и среднего классов;

2. Механическое усилие передается на рулевую рейку автомобиля, то есть, непосредственно на рулевые тяги. Эта схема используется для более крупного транспорта.

Все электроусилители руля имеют одну универсальную схему. Основной набор элементов — следующий:

- входные датчики, фиксирующие информацию об угле поворота колес и их крутящем моменте;
- электронный блок управления, обеспечивающий обработку информации от имеющихся датчиков системы и формирование исходящих управляющих сигналов. Кроме этого, на данный блок может поступать информация от ABS и тахометра;
- исполнительный агрегат. Это мощный, асинхронный электродвигатель.

Управление автомобилем происходит с помощью поворотов рулевого колеса. От рулевого колеса крутящий момент передается посредством торсиона на рулевой механизм (рис. 1). При этом происходит замер закрутки торсиона специальным датчиком крутящего момента, а также замеряется угол поворота рулевого колеса. Для этого используется отдельный датчик.

Информация от обоих датчиков, а также дополнительная информация о скорости движения автомобиля, показатель частоты вращения коленчатого вала, передаются электронному блоку управления.

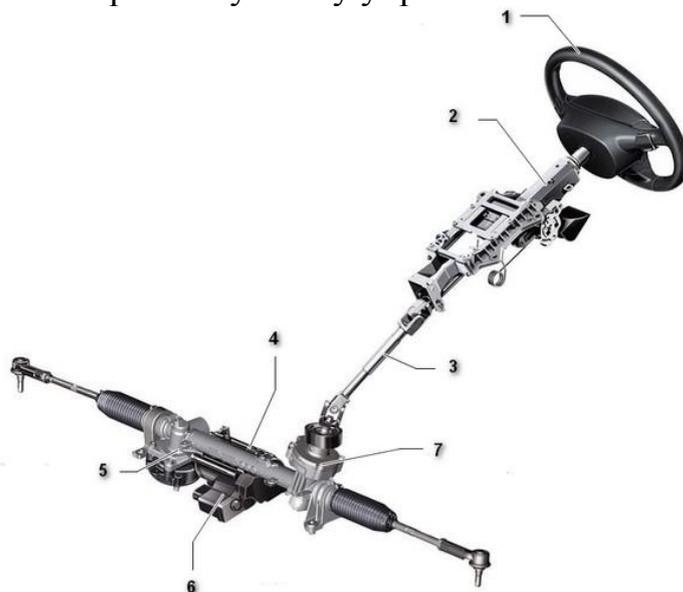


Рис. 1. Состав усилителя с электрическим приводом
1 - руль, 2- рулевая колонка, 3- карданный вал, 4- электродвигатель, 5- механизм руля, 6- блок управления, 7- датчик крутящего момента

Имеющаяся в блоке программа рассчитывает нужный крутящий момент электродвигателя усилителя и, изменяя величину силы тока, поддерживает работу электродвигателя в нужном режиме (рис. 2). От электродвигателя крутящий момент передается на рулевой механизм и затем, рулевыми тягами, на ведущие колеса. Поворот колес, таким образом, происходит за счет объединения усилий электродвигателя усилителя и рулевого колеса.

Поворот на небольших скоростях, обычно при парковке, характерен большим углом поворота рулевого колеса. Электронной системой управления обеспечивается крутящий момент максимальной работы электродвигателя (называемый еще «легкий руль»).

На высоких скоростях электронная система обеспечивает наименьший уровень крутящего момента («тяжелый руль»).

Главными преимуществами электроусилителя по сравнению с гидроусилителем являются экономичность и надежность. ЭУР не отбирает мощность у двигателя, что позволяет экономить от 0,4 л до 0,8 л на 100 км в зависимости от режима движения. Это, в свою очередь, снижает выбросы углекислого газа от 10 до 20 г/км. ЭУР вступает в работу только при вращении руля, при движении по прямой он не потребляет энергии. Конструктивно электроусилитель компактнее и легче гидроусилителя и не требует обслуживания. Работа электроусилителя отличается более низким уровнем шума. Стоимость ЭУРа ниже, однако его ремонт обойдется гораздо дороже, потому что при поломке вышедшие из строя узлы меняются целиком.

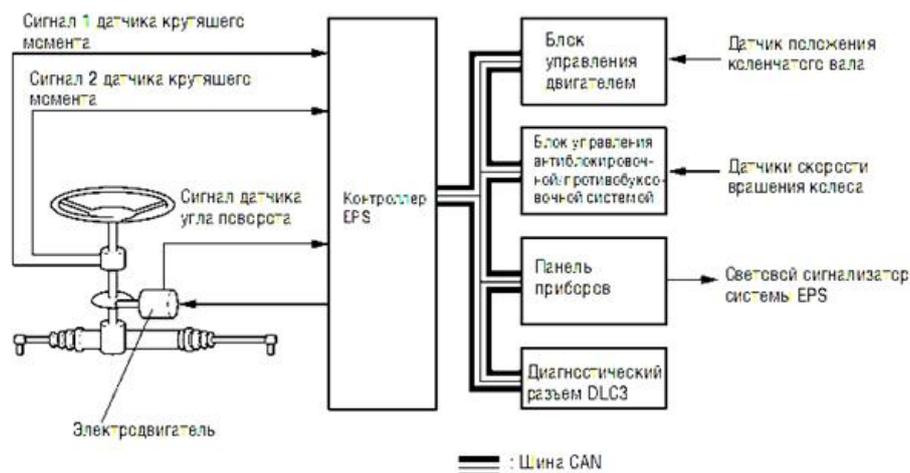


Рис. 2. Электрическая схема ЭУР

Преимущества и недостатки электроусилителя

Преимущества:

- простота устройства, нетребовательность в обслуживании;
- независимость от оборотов двигателя;
- не «отбирает» мощность, не приводит к повышенному расходу топлива;
- не требует расходных материалов (жидкостей);
- не потребляет энергию при простоях (в гидроусилителе жидкость «гоняется» постоянно работающим насосом), соответственно намного меньшая амортизация;
- КПД электродвигателя выше КПД насоса ГУР;
- более высокая надежность за счет меньшего количества деталей, отсутствия жидкостей, давления;
- отсутствие разницы в коэффициенте усиления вправо или влево (что часто наблюдается в гидроусилителях из-за особенностей конструкции);
- отсутствие ограничений в эксплуатации (в ГУР запрещено держать руль в крайних положениях свыше 4-5 секунд);
- возможность эксплуатации автомобиля если электроусилитель руля вышел из строя.

К недостаткам электрического усиления руля:

- грамотное проведение диагностики усилителя пользователю невозможно;
- не подлежит ремонту, а заменяется единым сборным узлом.

Список использованных источников:

[1] Руднев А.В., Некрасов С.Б. *Усилители рулевого механизма*. Москва, Машиностроение, 1995, 386 с.

[2] *Преимущества электроусилителя рулевого управления*. URL: <http://www.avtonov.svoi.info/epst.php> (дата обращения: 20.03.2016)

Богомолов Антон Борисович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана.
E-mail: antnbgml@yandex.ru

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

С.А. Плахов, А.В. Семизоров

СИСТЕМА ВПРЫСКА ВОДЫ ВО ВПУСКНОЙ КОЛЛЕКТОР ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В современном автомобилестроении каждый производитель стремится повысить мощность силовой установки, сохранив при этом высокую степень надежности и экономичности автомобиля. Основное решение данной задачи сводится к следующему: чтобы увеличить среднее эффективное давление в камере сгорания, надо увеличить объем подаваемого топлива в цилиндр за цикл, а для его наиболее полного сгорания подать большее количество воздуха. Для того чтобы повысить объем подаваемого воздуха, надо повысить его плотность, что возможно за счет уменьшения его температуры. Снижению температуры воздуха способствует впрыск воды во впускной коллектор двигателя.

Впрыск воды впервые реализовал Г. Рикардо в 1930 году, увеличив выход мощности ДВС, используя воду, практически в 2 раза. Первое широкое распространение впрыск воды во впускной коллектор двигателя получил во время Второй мировой войны. Так, германские конструкторы увеличили отдачу двигателя истребителя с 1776 до 2240 л.с., применив 50/50% впрыск водно-метаноловой смеси. Вода добавлялась уже в готовую смесь, понижала ее температуру и попадала в камеру сгорания. Соприкасаясь с раскаленными стенками и поршнями ДВС, она быстро испарялась и превращалась в пар, который увеличивал давление рабочих газов. В автомобильной промышленности данная система начала применяться с 1970 годов преимущественно в гоночных автомобилях, обеспечивая прирост мощности до 30%. Самым интересным было предложение инженеров BMW, которые предлагали впрыскивать воду в выхлопные газы для приведения в действие маленькой турбины [2].

К достоинствам системы впрыска воды во впускной коллектор ДВС можно отнести:

- понижение температуры впускаемого воздуха;
- понижение температуры в камере сгорания;
- увеличение детонационной стойкости топлива;
- уменьшение вредных выбросов на 60-80%;
- увеличение мощности двигателя до 30%;
- повышение топливной экономичности;
- очистку камеры сгорания и свечей зажигания от нагара.

Среди недостатков данной системы выделяют высокую стоимость самой системы и необходимость в постоянном пополнении бачка свежей водой.

Система впрыска воды во впускной коллектор включает следующие основные элементы:

- насос высокого давления 5-10 бар;
- форсунки для впрыска воды;
- контроллер впрыска (ЭБУ);
- емкости для воды;
- датчик наличия жидкости в бачке;

Принципиальная схема работы данной системы представлена на рисунке 1 и заключается в следующем: контроллер собирает данные о расходе воздуха и рассчитывает необходимое количество воды, насос по команде увеличивает давление в системе и форсунка впрыскивает воду во впускной коллектор. При этом впрыск воды осуществляется не постоянно, а только при высоких оборотах двигателя, как правило, свыше 3500 об/мин.

Принцип работы системы основан на свойстве теплового расширения воды. При впрыскивании воды во впускной коллектор, она охлаждает коллектор и впускаемый воздух, тем самым, увеличивает его плотность и способствует лучшему насыщению цилиндров. Попадая в камеру сгорания, вода мгновенно испаряется и превращается в пар, который очищает клапана, поршни и свечи от нагара. Также пар значительно увеличивает давление на поршень, т.к. при испарении воды ее объем возрастает почти в 1700 раз. Пар вступает в реакцию с выхлопными газами, что снижает вредные выбросы. Но при всех плюсах данной системы автопроизводители до сих пор не могут обеспечить точного дозированного впрыска в зависимости от числа оборотов двигателя и нагрузочных режимов [3].

В результате рассмотрения системы впрыска воды во впускной коллектор ДВС можно сделать вывод, что применение данной системы в современных автомобилях весьма перспективно и получит дальнейшую реализацию в ближайшем будущем. Применение ее в ДВС повысит их КПД без существенных конструктивных доработок самого двигателя, снизит количество вредных выбросов в атмосферу. Можно отметить, что на данный момент для улучшения эффективности работы данной системы необходимо решить следующие практические задачи:

- возможность точно дозировать количество впрыскиваемой воды;
- возможность использовать впрыск во всех режимах двигателя;
- возможность использования на всех типах ДВС;

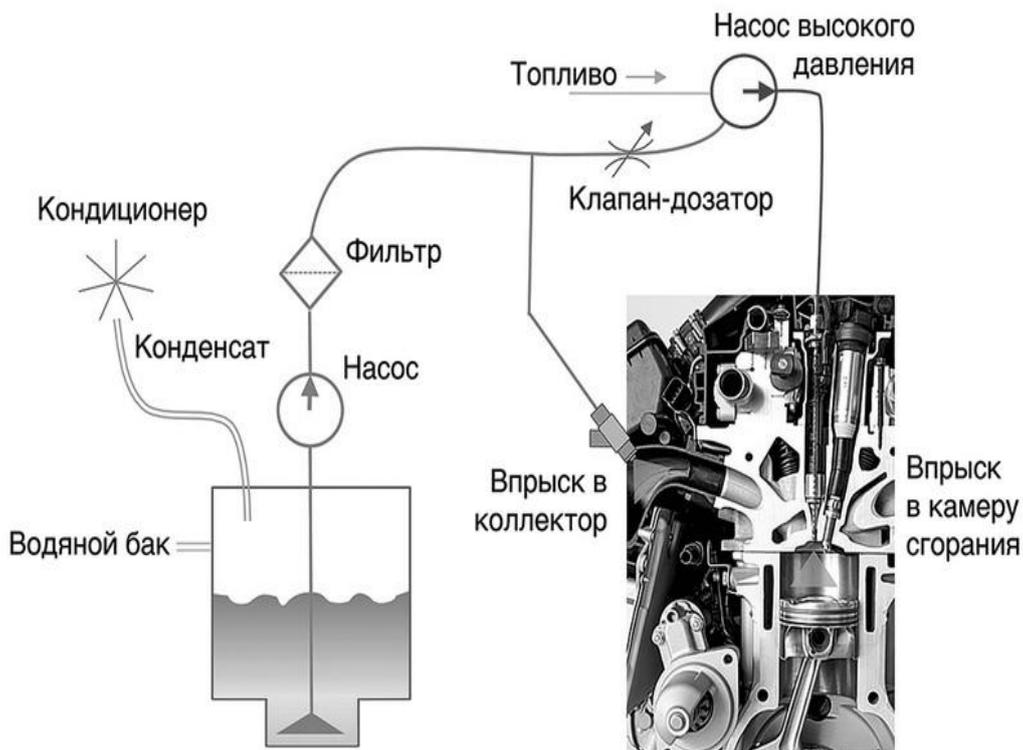


Рис. 1. Схема системы впрыска воды в ДВС

Рассмотрев систему впрыска во впускной коллектор ДВС, можно сделать вывод, что данная система может найти широкое применение в двигателях легковых и грузовых автомобилей, тракторной техники. Возможно применение данной системы для кратковременного увеличения пиковой мощности при выполнении тяжелых работ, перевозке тяжелых грузов.

Список использованных источников:

[1] Дьяченко В.Г. *Теория двигателей внутреннего сгорания*. Москва, Изд-во ХНАДУ, 2009, 500 с.

[2] *Системы впрыска воды в ДВС, вода в двигателе — это не страшно*. URL: <https://www.drive2.ru/o/b/1691248> (дата обращения 14.03.2016).

[3] *Система впрыска воды в двигатель внутреннего сгорания автомобиля*. URL: <http://new-energy21.ru/ustroystva-ekonomii-benzina/sistema-vпрыiska-vodyi-v-dvigatel-vnutrennego-sgoraniya-avtomobilya.html> (дата обращения 14.03.2016).

Плахов Сергей Александрович - канд. техн. наук, старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: aser.work@yandex.ru

Семизоров Артем Витальевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: art.semizorov@yandex.ru

А.В. Матвеев, С.А. Плахов

УВЕЛИЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Карданный вал – это элемент трансмиссии автомобиля, который передает крутящий момент от вторичного вала коробки переключения передач к главной передаче заднего моста, либо передает момент от раздаточной коробки к главным передачам ведущих мостов в случае полноприводного автомобиля [1].

Основным тяжело нагруженным элементом карданной передачи является карданный шарнир, который непосредственно и позволяет передавать крутящий момент между несоосными валами.

Изучение литературных источников показывает, что наиболее рациональными и перспективными направлениями повышения долговечности карданных шарниров является совершенствование конструкции их элементов с целью увеличения контактной выносливости и износостойкости контактных поверхностей подшипниковых узлов путем уменьшения неравномерности нагрузки между роликов; совершенствование и оптимизация геометрических параметров крестовин, вилок, сопряжений; предотвращение перекосов игл; использование износостойких материалов и прогрессивных методов термообработки.

Увеличение долговечности конструкции узлов трения в карданном шарнире связано с применением смазочных материалов, при этом повреждения подшипникового узла могут быть вызваны неправильным подбором смазочного материала или его загрязнением.

Время службы подшипникового узла крестовин обуславливается износом, а интенсивность износа находится в зависимости от свойств смазки и условий эксплуатации.

Подшипниковые узлы крестовин бывают обслуживаемые и необслуживаемые. В автомобилях с необслуживаемыми карданными валами смазка закладывается на весь срок эксплуатации автомобиля. В то же время смазка имеет свойство стареть, а грязь и влага, проникая внутрь шарнира, стимулируют коррозию и ускоряют изнашивание шарнира, что отрицательно сказывается на долговечности подшипниковых узлов крестовин. Поэтому более предпочтительны обслуживаемые карданные шарниры [2].

На сегодняшний день спроектировано и разработано множество конструкций карданных шарниров. Одной из наиболее перспективных и рациональных является конструкция, представленная на рисунке 1.

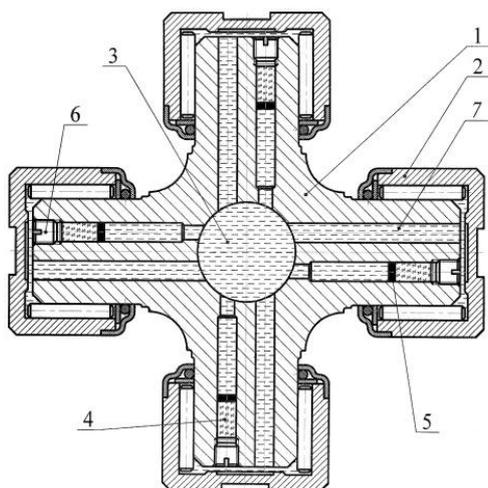


Рис. 1. Карданный шарнир

1 – крестовина; 2 – подшипники; 3 – резервуар; 4 – канал; 5 – поршень;
6 – заглушка; 7 – канал второго типа

Карданный шарнир содержит вилки, игольчатые подшипники 2 и крестовину 1 с шипами и системой каналов 4, 7 для смазки, объединяющей осевые каналы в шипах, сходящиеся в центре крестовины 1, и отверстия в крестовине для установки пресс-масленки и выпускного клапана. Каналы в теле крестовины разделены на два типа: каналы 7 со смазкой и каналы 4 с наполнителем. При критическом повышении температуры игольчатых подшипников 2 наполнитель увеличивает свой объем, а между смазкой и наполнителем происходит связь посредством поршней 5. При этом при техническом обслуживании карданного шарнира замену смазки в подшипниковых узлах 2 осуществляют без его разборки, в автоматическом режиме, при критическом повышении температуры подшипниковых узлов 2. Технический результат: повышение долговечности и ремонтпригодности карданных шарниров за счет автоматизации процесса технического обслуживания [3].

Таким образом, данное техническое решение позволяет увеличить долговечность карданных шарниров на 15...20%, а следовательно и повысить долговечность карданной передачи.

Список использованных источников:

[1] Иванов А.М. *Основы конструкции современного автомобиля*. Москва, Изд-во За рулем, 2012, 336 с.

[2] *Карданная передача – конструкция, пережившая века*. URL: <http://www.карданные-валы.рф/articles/archive1/kardannaya-peredacha--konstruktsiya.html> (дата обращения 23.03.2016).

[3] *Карданный шарнир и способы его технического обслуживания*. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2453744> (дата обращения 23.03.2016).

Матвеев Александр Владимирович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: matpееv@yandex.ru

Плахов Сергей Александрович - канд. техн. наук, старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: aser.work@yandex.ru

А.Д. Чупова, А.И. Пономарев

УЛУЧШЕНИЕ ТОРМОЗНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЯ ЛАДА ПРИОРА С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Безопасность движения автомобилей с высокими скоростями в значительной степени определяется эффективностью действия и безопасностью тормозного управления. На современных автомобилях в целях обеспечения безопасности движения устанавливают несколько тормозных систем, выполняющих различное назначение. По этому признаку тормозные системы подразделяют на:

- рабочую - применяется при всех режимах движения автомобиля для снижения скорости до полной остановки,
- запасную - предназначена для остановки автомобиля в том случае, когда рабочая тормозная система не функционирует,
- стояночную - предназначена для удержания на месте остановленного автомобиля,
- вспомогательную - предназначена для торможения на длительных спусках.

Задача повышения эффективности использования рабочей и стояночной тормозных систем, поддержание как можно меньшей конструктивной массы и веса, а также осуществление сборки и установки в автомобиле как можно более простым способом, безусловно, является актуальной.

Виды тормозных механизмов. Существует два вида тормозных механизмов [1]:

1. Барабанный тормозной механизм (рисунок 1, а) состоит из: тормозного барабана - 1, тормозного щита - 2, тормозного цилиндра - 3, поршней цилиндра - 4, стяжных пружин - 5, фрикционных накладок - 6, двух тормозных колодок - 7.

Торможение колеса происходит за счет сил трения, возникающих между накладками колодок и барабаном. Когда же воздействие на педаль тормоза прекращается, стяжные пружины оттягивают колодки на исходные позиции.

Преимуществом барабанного тормоза является его хорошая защищенность от попадания воды и пыли, долгий срок службы, возможность использовать более дешевые и безопасные в обращении тормозные жидкости благодаря незначительному выделению тепла, а также его низкая стоимость.

К недостаткам относится медленное срабатывание, отсутствие вентиляции, в результате чего абразивная пыль и газы, которые образуются во

время торможения, впоследствии становятся своеобразной смазкой и отрицательно влияют на скорость торможения.

2. Дисковый тормозной механизм (рисунок 1, б) состоит из:

суппортов - 2, 6; одного или двух тормозных цилиндров - 1, 7; двух тормозных колодок - 5; тормозного диска - 4.

Суппорт закреплен на поворотном кулаке переднего колеса автомобиля. В нем находятся два тормозных цилиндра и две тормозные колодки. Колодки с обеих сторон «обнимают» тормозной диск, который вращается вместе с закрепленным на нем колесом. При нажатии на педаль тормоза поршни начинают выходить из цилиндров и прижимают тормозные колодки к диску. После того, как водитель отпустит педаль, колодки и поршни возвращаются в исходное положение за счет легкого «биения» диска.

У дисковых тормозов есть множество достоинств. Обе колодки сжимают диск одновременно с противоположных сторон. Благодаря этому нет деформаций, как у барабанного тормозного механизма, потери идеально круглой формы. Большая часть рабочей поверхности диска соприкасается с окружающим воздухом и благодаря этому лучше охлаждается, чем поверхность барабана. Во время вращения диска центробежные силы выдувают загрязнения с поверхности диска. Кроме того, колодки дискового тормоза, возвращаясь в исходное положение, располагаются очень близко к поверхности диска. Благодаря этому возникает сила, которая не дает задерживаться загрязнениям, пыли и воде в пространстве между диском и тормозными накладками.

Основным недостатком дисковых тормозов можно считать быстрый износ рабочих поверхностей, который происходит вследствие попадания на них грязи, которая в данном случае быстро удаляется, но действует как абразив и разрушает поверхность.

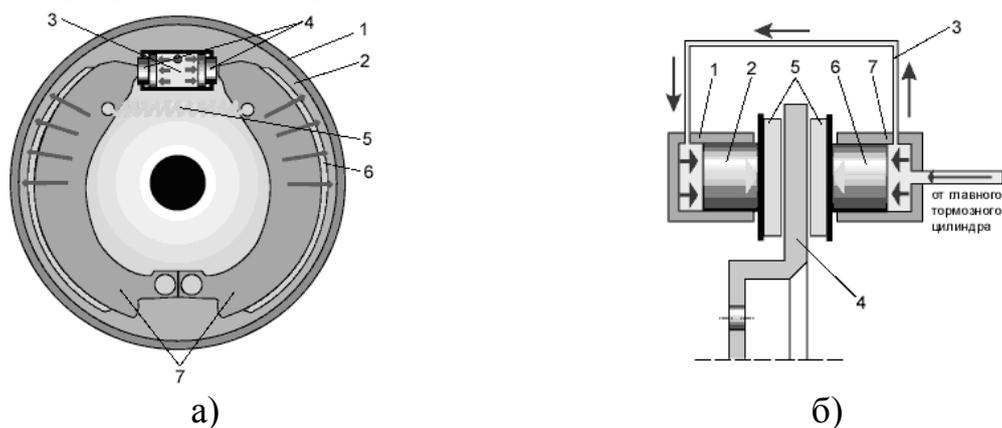


Рис. 1. Схемы тормозных механизмов

С целью улучшения тормозных характеристик автомобиля Лада Приора предлагается применить вместо задних тормозов барабанного типа базовой комплектации дисковые тормоза комбинированного типа.

Устройство и принцип работы комбинированного тормозного механизма. Тормозной механизм задних колес – дисковый, с автоматической регулировкой зазора. Тормозные колодки 1 и 3 (рисунок 2) приводятся в действие одним гидравлическим рабочим цилиндром. В полости колесного цилиндра установлен поршень с уплотнительным кольцом. За счет упругости этого кольца поддерживается оптимальный зазор между колодками и вентилируемым диском.

Дисковый рабочий тормозной механизм заднего колеса совмещен с барабанным механизмом стояночного тормоза. Внутренняя полость тормозного диска одновременно служит тормозным барабаном стояночного тормоза.

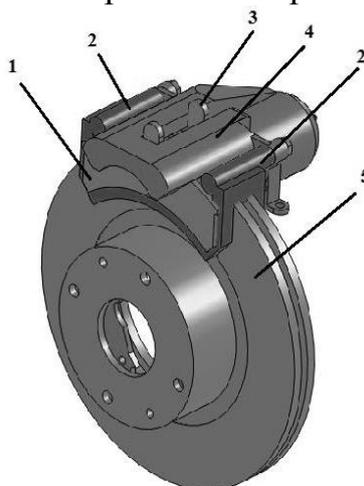


Рис. 2. Детали заднего рабочего тормозного механизма комбинированного типа

1– наружная тормозная колодка; 2–направляющие внутренней тормозной колодки; 3–внутренняя тормозная колодка; 4 –суппорт; 5–тормозной диск

Стояночный тормоз, приводимый в действие механически, состоит из рычага, переднего троса с регулировочным устройством, двух задних тросов и механизмов на задних колесах.

На щите заднего тормозного механизма установлены стянутые пружинами 2, 8 и 12 (рисунок 3) тормозные колодки 3 и 9. Они приводятся в действие разжимным рычагом 5 привода колодок через разжимную планку 1. Оптимальный зазор между колодками и барабаном поддерживается с помощью неавтоматического регулировочного устройства 7.

Задние наконечники задних тросов 6 соединены с разжимными рычагами 5, установленными на задних тормозных колодках 3 стояночного тормоза. Рычаг привода стояночного тормоза, закрепленный между передними сиденьями на тоннеле пола, оборудован механизмом регулировки натяжения тросов и соединен с уравнивателем передним тросом.

В механизме имеется специальный приводной рычаг, соединенный верхним концом с одной тормозной колодкой, а через планку — с другой. К нижнему концу рычага присоединяется трос стояночного привода. При

вытягивании троса рычаг поворачивается и прижимает к барабану сначала одну колодку, а затем через планку другую [2].

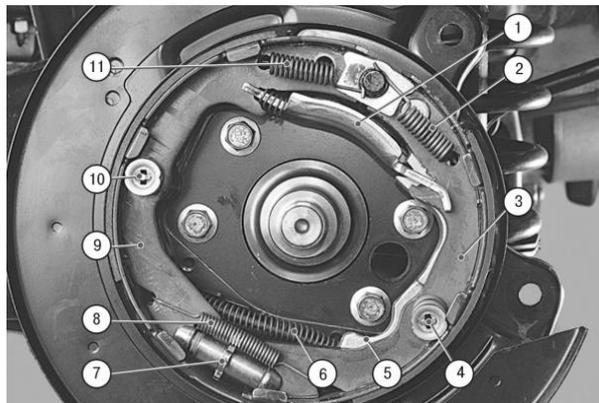


Рис. 3. Детали заднего стояночного тормозного механизма

1– разжимная планка; 2–верхняя стяжная пружина задней колодки; 3– задняя колодка стояночного тормоза; 4, 10–опорные стойки колодок; 5– разжимной рычаг привода колодок; 6–задний трос стояночного тормоза; 7–регулирующее устройство тормозных колодок стояночного тормоза; 8– нижняя стяжная пружина колодок; 9–передняя колодка стояночного тормоза; 11–верхняя стяжная пружина передней колодки

В данном типе тормозного механизма упрощена конструкция и технология изготовления, снижены трудозатраты и повышена надежность работы дискового тормоза. Механизм стояночного тормоза выполнен самостоятельным, независимым от основной тормозной системы.

Таким образом, применение комбинированного типа тормозного механизма на автомобиле Лада Приора позволит снизить время остановки автомобиля, укоротить длину тормозного пути, увеличить надежность тормозной системы, увеличить комфортность торможения.

Список использованных источников:

[1] Устройство дискового механизма легковых и малотоннажных грузовых автомобилей. URL: <http://vbibl.ru/sport/37728/index.html> (дата обращения 20.03.2016).

[2] Особенности устройства тормозной системы. URL: http://autorambler.ru/bz/remont/LANCER_brakeSyst_1/ (дата обращения 18.03.2016)

[3] Косенков А.А. Устройство тормозных систем иномарок и отечественных автомобилей. Серия «Библиотека автомобилиста». Ростов на Дону: Феникс, 2013, 224 с.

Чупова Анастасия Дмитриевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: butoshinaad@gmail.com

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

СЕКЦИЯ 8.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ

Ю.В. Обрубов, Н.Д. Влайков, А.А. Соломатин

КЛАСТЕР АСТЕРОИДА 428209 (2006 VC) ГРУППЫ АПОЛЛОНА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Положение астероида в пространстве на момент времени T может быть задано оскулирующими кеплеровскими элементами эллиптической орбиты: большой полуосью a , эксцентриситетом e , наклоном орбиты к плоскости эклиптики i , аргументом перигелия ω , долготой восходящего узла Ω и, например, средней аномалией M . Угловые элементы i , ω , Ω - определяют положение плоскости орбиты небесного тела в гелиоцентрической системе координат, большая полуось – размеры эллипса, а эксцентриситет его форму или степень сжатости. Аномалия определяет положение тела на орбите в момент времени T .

В качестве численной меры близости орбит в пятимерном пространстве элементов орбит e , q , i , Ω , ω мы использовали D_{SH} -критерий Саутворта и Хокинса [1]. Значение этого критерия вычисляется по формуле:

$$D_{SH}^2 = (\Delta e)^2 + (\Delta q)^2 + 4 \sin^2 \frac{\Delta i}{2} + 4 \sin i_1 \sin i_2 \sin^2 \frac{\Delta \Omega}{2} + (e_1 + e_2)^2 \sin^2 \frac{\Delta \pi}{2}, \quad (1)$$

где $\Delta e = e_1 - e_2$, $\Delta i = i_1 - i_2$, $\Delta q = q_1 - q_2$, $\Delta \Omega = \Omega_1 - \Omega_2$, $\Delta \pi = \pi_1 - \pi_2$, $\pi = \omega + \Omega$, а $e_1, e_2, i_1, i_2, q_1, q_2, \Omega_1, \Omega_2, \pi_1, \pi_2$ – эксцентриситеты, наклоны, перигелийные расстояния, долготы восходящих узлов и долготы перигелиев двух сравниваемых орбит соответственно.

Критерий Тиссерана [2] получен при решении ограниченной круговой задачи трех тел: Солнце, Юпитер, комета. Этот критерий связывает такие элементы орбиты кометы, как большая полуось, наклон и эксцентриситет. Значение этого критерия T_p относительно планеты p вычисляется по формуле (2):

$$T_p = \frac{a_p}{a} + 2 \sqrt{\frac{a}{a_p} (1 - e^2)} \cos i, \quad (2)$$

где a_p - большая полуось орбиты возмущающей планеты (Юпитера, или любой другой, которая оказывает наибольшее влияние).

Критерий Тиссерана также может служить и мерой близости орбит.

Одной из групп околоземных астероидов является группа Аполлона. Астероиды этой группы могут пересекать земную орбиту с внешней стороны, так, как. их перигелийные расстояния меньше 1 а.е.. На данный момент группа содержит 6726 астероидов, из которых 1345 считаются потенциально опасными. Благодаря развитию наблюдательных технологий ежегодно открывается несколько сотен новых астероидов этой группы.

При изучении закономерностей в распределении орбит астероидов группы Аполлона и короткопериодических комет были выявлены несколько астероидно-кометных комплексов или кластеров [3]. То есть комплек-

сов малых тел Солнечной системы, которые двигаются по близким, в некотором смысле, орбитам. Детализируя процесс поиска кластеров на первом этапе можно проводить поиск только двух объектов с близкими орбитами. Затем, находятся астероиды близкие к каждому члену пары, и из них по дополнительным исследованиям определяется состав всего комплекса.

На первом этапе мы выбрали десять пар астероидов с наименьшими значениями D_{SH} [3]. Для этих 10 пар значения критерия не превосходят 0,02. В Табл. 1 приведены обозначения и элементы орбит всех 10 пар астероидов, а также значения D_{SH} -критерия. Угловые элементы i, ω, Ω и $\pi = \omega + \Omega$ даны в градусах (равноденствие 2000,0), большая полуось a в а.е. Критерий Тиссерана T_J вычислен относительно Юпитера. T_J и D_{SH} - безразмерные единицы (радианы).

Согласно исследованиям Кресака [4] и Джевита [5] значение критерия Тиссерана для комет менее 3,0, а для астероидов – более 3,0. То есть $T_J = 3,0$ является границей между астероидными и кометными орбитами.

Табл.1 показывает, что только пара №4, согласно критерию Тиссерана, движется по орбите кометного типа.

Таблица 1. Пары астероидов группы Аполлона с наименьшими значениями D_{SH} - критерия

№	Объект	a	e	i	ω	Ω	T_J	D_{SH}
1	(2009 FR)	2,091	0,520	1,51	337,13	183,69	3,57	0,011
	(2011 FQ16)	2,124	0,529	1,43	334,55	186,54	3,53	
2	(2006 HU50)	1,287	0,247	5,90	214,34	46,93	5,00	0,015
	(2014 HL129)	1,278	0,246	5,36	220,39	41,48	5,03	
3	(2008 RU)	2,106	0,647	7,19	274,62	140,10	3,43	0,016
	(2014 QQ362)	2,130	0,654	7,27	272,28	143,51	3,40	
4	(2007 TS24)	2,811	0,655	5,41	32,35	22,33	2,95	0,016
	(2012 UF34)	2,826	0,660	4,72	29,87	24,77	2,94	
5	428209 (2006VC)	1,941	0,492	12,26	19,18	87,60	3,72	0,016
	(2009 XO2)	1,935	0,488	12,62	15,51	91,15	3,73	
6	(2003 DW10)	1,446	0,361	2,19	221,05	342,19	4,58	0,016
	(2008 CC71)	1,454	0,369	1,88	222,29	339,23	4,56	
7	(2008 VZ3)	1,851	0,525	3,53	237,62	228,83	3,82	0,017
	(2009 VC1)	1,818	0,515	4,16	233,64	231,84	3,87	
8	(2007 EK)	1,126	0,272	1,21	83,34	168,56	5,52	0,018
	(2013 QP48)	1,156	0,285	1,51	102,00	150,70	5,40	
9	(2009 XK8)	2,475	0,614	2,76	300,87	106,87	3,19	0,019
	(2013 YO2)	2,450	0,612	3,09	313,46	95,57	3,21	
10	(2012 EZ1)	2,006	0,596	0,50	308,22	153,59	3,59	0,020
	(2013 EB)	1,981	0,589	1,27	305,87	154,80	3,62	

Как показывает Таблица 1 элементы орбит астероидов, образующих выявленные пары, на данный момент времени имеют очень близкие значения. Значит, и изменения элементов во времени, то есть эволюция орбит под действием планетных возмущений, будет происходить примерно одинаково. Можно заметить, что данные пары имеют небольшой угол наклона i . В случае, когда значение i мало (что можно видеть для пар 1, 8, 10), влияние различия в значениях значений Ω_1, Ω_2 на величину D_{SH} будет уменьшено.

По значениям угла наклона i из десяти представленных пар можно выделить пару №5, имеющую наибольшее значение этого параметра. Поэтому второй этап исследования заключался в поиске астероидов, близких к астероидам именно этой пары, по критерию Саутворта – Хокинса.

Для пятой пары астероидов из Таблицы 1, а именно для астероидов 428209 (2006 VC) и (2009 XO2) из множества всех астероидов группы Аполлона были выбраны те, для которых значение $D_{SH} < 0,1$ с каждым из них. Как оказалось данному условию удовлетворяет всего 2 астероида. Малое значение критерия D_{SH} говорит о том, что на данный момент времени эти объекты имеют близкие орбиты. Значения D_{SH} - критерия относительно астероидов исходной пары отличаются незначительно. Отобранные астероиды, элементы их орбит и значения критерия Саутворта – Хокинса по отношению к самому крупному из них - 428209 (2006 VC) представлены в Таблице 2. В этой же таблице даны и абсолютные звездные величины этих астероидов. Звездная величина характеризует яркость отраженной поверхностью астероида солнечного света и позволяет оценить его размеры. При этом, чем ярче астероид, тем меньше его звездная величина и тем больше его диаметр.

Как видно из Таблицы 2, самым ярким является астероид 428209 (2006 VC) его звездная величина составляет 20.0^m звездных величин. Следовательно, этот астероид и является самым крупным в выявленном кластере.

Таблица 2. Отобранные астероиды

№	Объект	a	e	i	ω	Ω	H	D_{SH}
1	428209 (2006 VC)	1,941	0,491	12,256	19,178	87,599	20.00	0
2	(2009 XO2)	1,935	0,487	12,619	15,511	91,150	23.50	0,016
3	(2014 YU34)	1,950	0,490	14,128	12,436	97,927	24.30	0,061
4	(2014 YA15)	2,039	0,515	7,959	26,065	83,309	24.20	0,082

Таблица 2 содержит 4 астероида, образующие на данный момент времени кластер по D_{SH} - критерию. Для исследуемых астероидов разница в значениях больших полуосей (в а.е.), эксцентриситетов и углов наклона (в градусах) следующая: $a_{\max} - a_{\min} \approx 0,1$, $e_{\max} - e_{\min} \approx 0,03$, $i_{\max} - i_{\min} \approx 6^0$. Значения аргументов перигелия лежит в пределах: $12,4^0 \leq \omega \leq 26^0$, а долготы восходящих узлов $83,3^0 \leq \Omega \leq 97,9^0$.

Центром данного кластера будем считать самый крупный астероид. В нашем случае это 428209 (2006 VC). Положение астероидов кластера на плоскости постоянных C_1, C_2 [6,7] показано на Рис. 1.

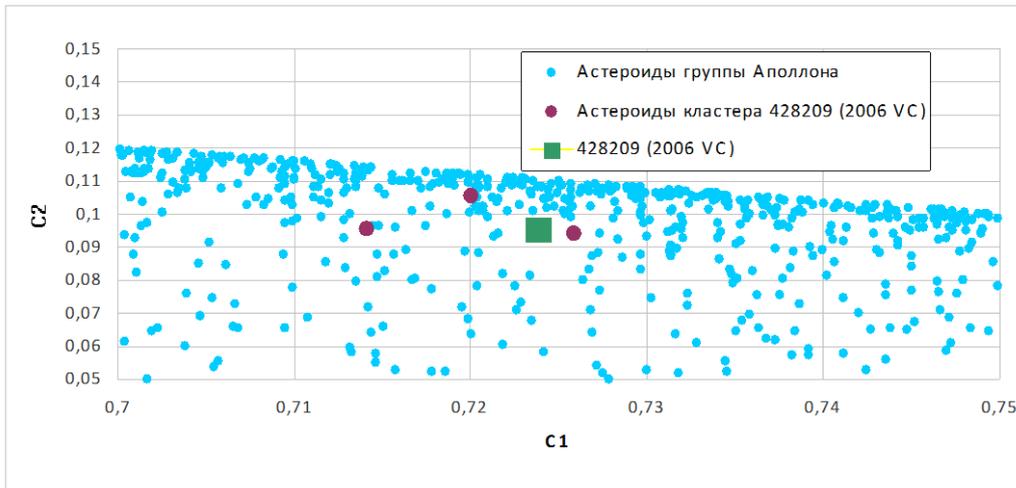


Рис. 1. Кластер астероида группы Аполлона 428209 (2006 VC)

Для установления возможной генетической связи между данными объектами и определения момента времени дробления родительского тела необходимо провести исследование эволюции орбит астероидов этого кластера.

Список литературы

- [1] Southworth R.B. & Hawkins G.S. Statistics of meteor streams // *Smith. Contrib. Astrophys.*, 1963, Vol. 7, P. 261-285
- [2] Kozai H. Short-period comets and Apollo-Amor-Aten type asteroids in view of Tisserand invariant // *Celestial Mech. And Dynam. Astron.* 1992. Vol. 54. P.237-240
- [3] Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д., Соломатин А.А.. Десять пар астероидов группы Аполлона с близкими орбитами// *Научное общество студентов в приборостроении и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы Всероссийской научно-технической конференции, 24–26 ноября 2015 г. Т. 2.* – Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 220 с. Стр.126-128
- [4] Kresak L. Dynamical interrelation between the small bodies of the Solar system // *Highlights of Astronomy*, 1983, V. 6, pp. 377-390
- [5] Jewitt D.C. // *Astronomical Journal*. 2012. V.143. p.66
- [6] Лидов М.Л. Эволюция орбит искусственных спутников планет под действием гравитационных возмущений // *Искусственные спутники земли*. 1961. Вып. 8. С.5-45
- [7] Лидов М.Л., Ярская М.В. Интегрируемые случаи в задаче об эволюции орбиты спутника при совместном влиянии внешнего тела и нецентральности поля планеты // *Косм. иссл.* 1974. Т.12. №2. С. 155-170

Обрубов Юрий Викторович - д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры "Высшая математика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: obrubovu@yandex.ru

Влайков Николай Дмитриевич - старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nick-vlaikov@yandex.ru

Соломатин Андрей Андреевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: Deadrayder@gmail.com

Ю.В. Обрубов, Н.Д. Влайков, М.В. Владыкин

КЛАСТЕР АСТЕРОИДА (3200) ФАЭТОН

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Для исследования взаимосвязи астероидов часто используют критерии близости орбит: D_{sh} - критерий Саутворта-Хокинса [1] и его возможные модификации, T - критерий Тиссерана [2], а так же постоянные Лидова - C_1 , C_2 [3,4]. Малые значения D_{sh} и близкие значения T , C_1 , C_2 , полученные для двух объектов, говорят о близости их орбит на данный момент времени. Однако указанные критерии не являются постоянными и претерпевают изменения в ходе эволюции орбит исследуемых объектов. Исследования эволюций орбит показало, что значение критерия D_{sh} может как увеличиваться, так и уменьшаться [5]. Поэтому в разные моменты времени можно получать различные множества астероидов претендующих на генетическое родство. Решение задачи первичного отбора должно учитывать непостоянство критерия. Для устранения этого недостатка можно использовать так называемые приведенные критерии $D_{\omega=0^0}$ или $D_{\omega=90^0}$. То есть сравнивать орбиты на момент равенства нулю или 90^0 их аргументов перигелиев. Этот подход позволяет оценить различие орбит, находящихся в одинаковом эволюционном положении.

Используя критерий Саутворта – Хокинса среди астероидов группы Аполлона на первичном этапе исследования был выбран астероид 2011 ХАЗ, имеющий орбиту наиболее близкую к орбите Фаэтона [6]. Следующий ближайший по данному критерию астероид имел существенно большее значение D_{sh} .

Большие значения D_{sh} -критерия Саутворта и Хокинса возникают, как правило, при сравнении орбит, которые находятся в различных эволюционных положениях. Поэтому перед вычислением этого критерия необходимо привести сравниваемые орбиты в одинаковые эволюционные положения. Эволюционное положение или состояние орбиты обычно характеризуют значением аргумента перигелия - ω . Считается, что орбиты находятся в одинаковых эволюционных состояниях, если аргументы перигелиев их орбит совпадают. Значение аргумента перигелия определяет значения таких элементов орбит, как наклон, эксцентриситет и перигелийное расстояние.

Для качественного решения этой задачи будем считать C_1 , C_2 константами. Из постоянства C_1 , C_2 следует [7], что наибольшие значения эксцентриситета e_{max} и наименьшие наклоны i_{min} достигаются при значениях аргумента перигелия ω равных 90^0 или 270^0 , а наибольшие наклоны i_{max} и наименьшие эксцентриситеты e_{min} достигаются при ω равных 0^0 или 180^0 . Эти предельные значения могут быть вычислены по формулам [8,9]:

$$e_{\min} = \sqrt{2,5 C_2}, \quad i_{\max} = \arccos \sqrt{\frac{C_1}{1 - e_{\min}^2}}; \quad \omega = 0^0 \text{ или } 180^0; \quad (1)$$

$$e_{\max} = \sqrt{\frac{5}{6}(d + \sqrt{d^2 + 2,4 C_2})}, \quad i_{\min} = \arccos \sqrt{\frac{C_1}{1 - e_{\max}^2}}; \quad \omega = 90^0 \text{ или } 270^0;$$

В формулах (1) $d = \frac{3}{5} - (C_1 + C_2)$.

Ранее нами были получены значения приведенного критерия $D_{\omega=0^0}$ [10]. Вычисления показали, что при приведении орбит к положению $\omega = 0^0$ значение критерия для одних астероидов уменьшилось, а для других увеличилось. То же может быть справедливо и для варианта вычисления $D_{\omega=90^0}$. Поэтому окончательный выбор астероидов для проведения дальнейших исследований необходимо формировать, учитывая оба варианта приведенного критерия.

В данной работе были вычислены значения критерия Саутворта – Хокинса при условии $\omega = 90^0$. Для этого по формулам (1) мы вычислили максимальные значения эксцентриситетов и минимальные значения наклонов орбит всех астероидов группы Аполлона. Полагая большие полуоси орбит a неизменными, мы вычислили также минимальные значения перигелийных расстояний $-q_{\min} = a(1 - e_{\max})$. Результаты вычислений приведены в Таблице 1.

Опыт вычисления планетных возмущений орбит околоземных астероидов показывает, что скорость изменений долгот восходящих узлов и аргументов перигелиев в большинстве случаев примерно одинакова, но эти изменения противоположны по направлению. При прямом движении, то есть при наклоне $i < 90^0$ долгота восходящего узла убывает, тогда как аргумент перигелия возрастает. В результате скорость изменения долготы перигелия $\pi = \Omega + \omega$ намного меньше скорости изменения Ω или ω по отдельности. На этом основании мы полагали $\pi = \Omega + \omega = const$. Поэтому для $\omega = 0^0$ долгота узла принималась равной долготе перигелия исходной орбиты $\Omega = \pi$, а для $\omega = 90^0$ - $\Omega = \pi - 90$.

Таким образом, все исследуемые орбиты были приведены в одно эволюционное положение. Для полученных орбит по формулам (2) был вычислен приведенный критерий Саутворта и Хокинса - $D_{\omega=90}$.

Значение этого критерия вычислялось по формуле (2):

$$D_{\omega=90}^2 = (\Delta e_{\max})^2 + (\Delta q_{\min})^2 + 4 \sin^2 \frac{\Delta i_{\min}}{2} + [4 \sin i_{1\min} \sin i_{2\min} + (e_{1\max} + e_{2\max})] \sin^2 \frac{\Delta \pi}{2}, \quad (2)$$

где $\Delta e_{\max} = e_{1\max} - e_{2\max}$, $\Delta i_{\min} = i_{1\min} - i_{2\min}$, $\Delta q_{\min} = q_{1\min} - q_{2\min}$, $\Delta \pi = \pi_1 - \pi_2$.

Результаты вычислений и поиска близких орбит представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Значения D_{sh} и приведенного $D_{\omega=90}$ - критерия ($D_{\omega=90} < 0,2$)

Объект	a	e	i	ω	Ω	C1	C2	D_{sh}	$D_{\omega=90}$
3200 Phaethon	1,27 1	0,89 0	22,24 0	322,14 4	265,26 5	0,17 8	0,20 5	-	-
155140 (2005 UD)	1,27 4	0,87 2	28,67 8	207,57 3	19,745	0,18 4	0,26 6	0,726 1	0,013 9
225416 (1999 YC)	1,42 1	0,83 0	38,21 3	156,38 0	64,806	0,19 1	0,23 3	1,003 3	0,131 9
(2011 UX192)	1,48 7	0,79 4	55,25 0	8,523	224,73 6	0,11 9	0,24 3	0,718 4	0,145 3
252373(2001 SA2 70)	1,30 2	0,73 5	38,52 5	15,596	210,03 2	0,28 1	0,20 1	0,590 9	0,148 3
(2012 US68)	2,50 1	0,95 7	25,80 1	190,72 1	40,513	0,06 7	0,36 0	0,759 5	0,169 8
(2011 XA3)	1,46 6	0,92 5	27,99 3	323,86 6	273,50 6	0,11 1	0,27 7	0,202 2	0,179 4
(2010 XX58)	2,23 8	0,86 3	22,16 9	174,56 6	53,143	0,21 8	0,29 7	0,745 4	0,181 1
(2014 SM260)	2,25 9	0,88 4	7,790	246,94 7	336,83 2	0,21 4	0,30 0	0,389 1	0,192 3
(2005 UN157)	2,51 6	0,85 5	44,51 1	209,97 5	21,688	0,13 6	0,20 3	0,985 4	0,193 1

Таблица 1 содержит элементы орбит девяти астероидов, среди которых только один, а именно 2011 XA3 был выявлен на предварительном этапе.

На Рис.1 даны наблюдаемые орбиты всех астероидов в проекции на плоскость эклиптики. На Рис. 2 приведены орбиты соответствующие этим же астероидам, но приведенные в одно и тоже эволюционное положение, соответствующее аргументам перигелиев, равных 90^0 . Как видим, дисперсия орбит на Рис. 2 существенно уменьшилась по сравнению Рис. 1.

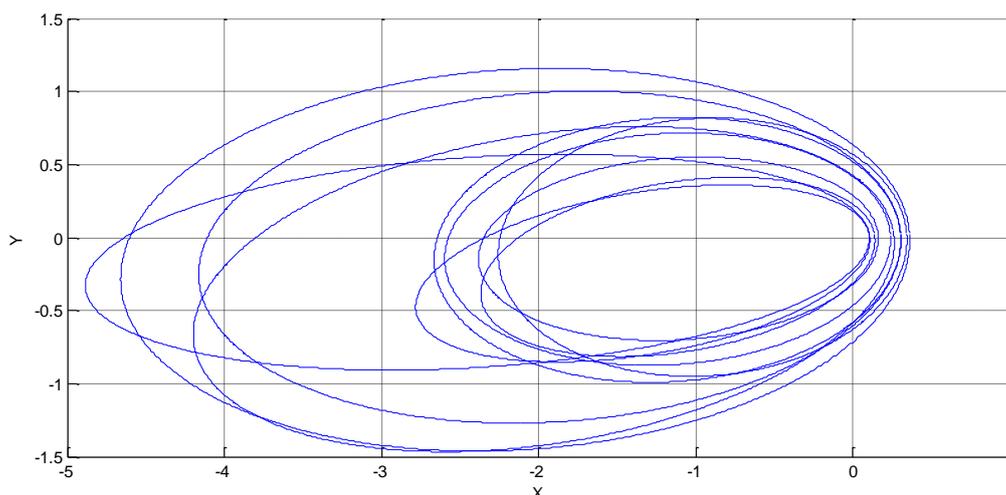


Рис. 1. Наблюдаемые орбиты астероидов

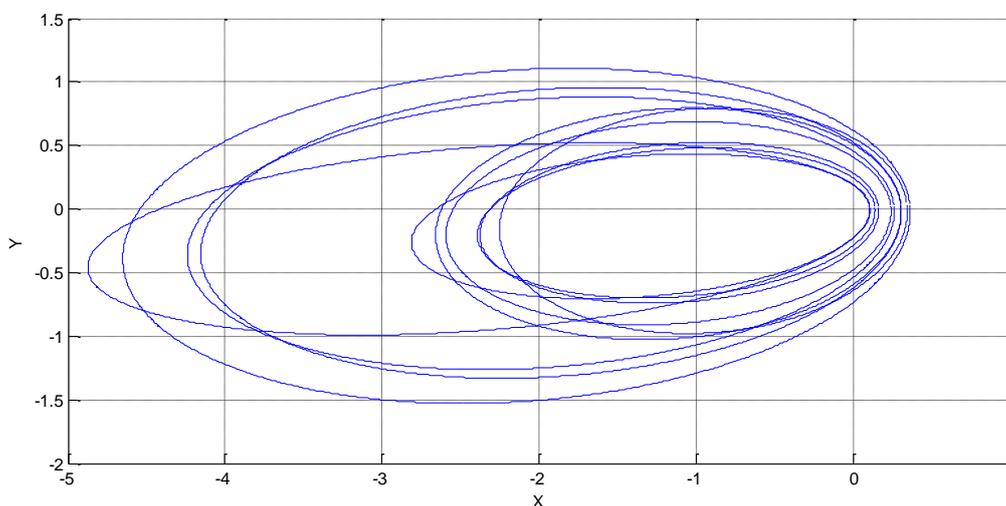


Рис. 2. Орбиты в одном эволюционном положении

Рис. 2 показывает также, что весь кластер состоит как бы из двух групп астероидов. Одна группа включает в себя астероиды с афелийными расстояниями от 4 до 5 а.е. – 4 астероида, и вторая группа из 6 астероидов с афелийными расстоянием орбит от 2 до 3 а.е. В первую группу входят астероиды: (2012 US68), (2010 XX58), (2014 SM260) и (2005 UN157). Вторую группу образуют: 3200 Фазтон, 155140 (2005 UD), (2011 XA3), 225416 (1999 UC), 252373 (2001 SA270), (2011 UX192). В скобках для всех астероидов приведены предварительные обозначения, присвоенные ими при открытии. Для нумерованных астероидов приведены и их номера в соответствии международным каталогом.

Выявленные 2 группы астероидов, возможно, указывают на двукратный процесс дробления родительского тела при двух различных столкновениях.

Список литературы

[1] Southworth R.B. & Hawkins G.S. Statistics of meteor streams // Smith. Contrib. Astrophys., 1963, Vol. 7, P. 261-28

[2] Kozai H. Short-period comets and Apollo-Amor-Aten type asteroids in view of Tisserand invariant // Celestial Mech. And Dynam. Astron. 1992. Vol. 54. P.237-240

[3] Лидов М.Л. Эволюция орбит искусственных спутников планет под действием гравитационных возмущений // Искусственные спутники земли. 1961. Вып. 8. С.5-45

[4] Лидов М.Л., Ярская М.В. Интегрируемые случаи в задаче об эволюции орбиты спутника при совместном влиянии внешнего тела и нецентральнойности поля планеты // Косм. иссл. 1974. Т.12. №2. С. 155-170

[5] Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д. Влияние планетных возмущений на критерии близости орбит околоземных объектов // V Бредихинские чтения: материалы Международной конференции. – 12-16 мая 2014. Заволжск, Россия. URL: // <http://agora.guru.ru/display.php?conf=bredikhin2014>. –С. 27

[6] Влайков Н.Д., Богов В.А., Каретин А.А.. Поиск астероидов, возможно связанных с (3200) Фаэтон // Научно-технологические технологии в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе: материалы региональной НТК, 21-23 апреля 2015 г. Т. 2.- Калуга, изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - С. 69-71.

[7] Симоненко А.Н., Астероиды, или тернистые пути исследований. М., Наука, 1985. 208 с.

[8] Бабаджанов П.Б., Обрубов Ю.В. О форме короткопериодических метеороидных роев // Докл. АН Тадж.ССР, 1987, т. 30, №8, С. 486-491

[9] Babadzhanov P.B., Obrubov Yu.V. // Evolution of meteoroid streams. In Interplanetary matter, 1987, Praha, P. 141-150

[10] Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д., Богов В.А. Семейство астероидов (3200) Фаэтон /Научно-технологические технологии в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе: материалы Всероссийской научно-технической конференции, 24–26 ноября 2015 г. Т. 2. – Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 220 с. Стр157-159

Обрубов Юрий Викторович - д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры "Высшая математика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: obrubovyu@yandex.ru

Влайков Николай Дмитриевич - старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nick-vlaikov@yandex.ru

Владыкин Михаил Владимирович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: Deadrayder@gmail.com

СЕКЦИЯ 9.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТЫ

И.М. Бугина, В.Ю. Савин

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПРОФИЛЕЙ КРИВЫХ СТАТОРОВ В ПЛАСТИНЧАТЫХ НАСОСАХ ДВОЙНОГО ДЕЙСТВИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Тип профиля кривой статора пластинчатого гидронасоса определяет кинематику и динамику пластины и в целом имеет важнейшее значение для работы данной гидромашины.

На насосах старой конструкции профиль кривой статора выполнялся по спирали Архимеда [1]. В настоящее время от такого типа профиля отказались. Проанализируем особенности данного типа профиля и определим его недостатки.

Изобразим пластину, расположенную радиально в пазу ротора (рис. 1), координаты точки касания A которой со статором в полярных координатах ρ и φ , причем ротор вращается с угловой скоростью ω . Уравнение части кривой статора, выполненной по спирали Архимеда в полярных координатах запишется следующим образом:

$$\rho = r_0 + a\varphi, \quad (1)$$

где $a = \frac{R - r_0}{\alpha}$; $\varphi = \omega t$.

Отсюда скорость пластины относительно ротора будет равна

$$\frac{d\rho}{dt} = \omega a. \quad (2)$$

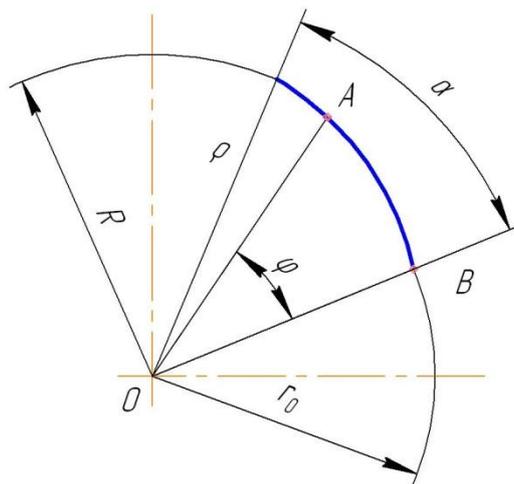


Рис. 1. Схема для расчета профиля статора пластинчатого насоса двойного действия

Анализируя данное уравнение можно сказать, что в точке B скорость пластины относительно ротора мгновенно изменится от 0 до величины ωa , что вызовет удар первого рода. В результате этого силы инерции теоретически возрастают до бесконечности. При этом возможен отрыв пластины

от профиля кривой статора, что приводит к ненормальному шуму насоса и быстрому износу пластин и статора.

Для насосов, у которых прижим пластины к статору должен обеспечиваться за счет центробежной силы актуально еще одно условие. Центробежностремительное ускорение пластины ω_n должно превышать относительное ускорение $\frac{d^2\rho}{dt^2}$ на величину, произведение которой на массу пластины достаточно для преодоления силы ее трения в пазу ротора.

Рассмотрим уравнения кривых статоров, обеспечивающие выполнение указанных требований [1].

Первый вариант профиля кривой статора разработан исходя из постоянного изменения скорости.

Уравнение кривой при изменении φ от нуля до $\frac{\alpha}{2}$ запишется следующим образом:

$$\rho = r_0 + \frac{2(R-r_0)}{\alpha^2} \varphi^2. \quad (3)$$

Уравнение кривой при изменении φ от $\frac{\alpha}{2}$ до α .

$$\rho = 2r_0 - R + \frac{4(R-r_0)}{\alpha} \left(\varphi - \frac{\varphi^2}{2\alpha} \right). \quad (4)$$

Второй вариант профиля кривой статора может быть разработан, исходя из синусоидального изменения скорости $\frac{d\rho}{dt}$ и ускорения $\frac{d^2\rho}{dt^2}$. Уравнение кривой для этого случая может быть записано следующим образом:

$$\rho = r_0 + a\varphi - \frac{a\alpha}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{\alpha} \varphi, \quad (5)$$

где $a = \frac{R-r_0}{\alpha}$.

Третий вариант профиля статора основывается на изменении скорости $\frac{d\rho}{dt}$ по синусоиде и ускорения $\frac{d^2\rho}{dt^2}$ по косинусоиде. Уравнение кривой

$$\rho = \frac{R+r_0}{2} - \frac{R-r_0}{2} \cos \frac{\pi}{\alpha} \varphi. \quad (6)$$

Профиль статора, обеспечивающий синусоидальное ускорение пластины теоретически является наиболее совершенным, как исключая удары второго рода, однако допустимое соотношение $\frac{R}{r_0}$ при этом профиле мень-

ше, чем при двух других. Наибольшее допустимое соотношение $\frac{R}{r_0}$ обеспечивается при профиле статора, когда ускорение пластины постоянно.

В Экспериментальном НИИ металлорежущих станков были изготовлены статоры, выполненные по всем трем профилям, причем испытание их показало, что с точки зрения плавности и бесшумности работы насоса, статоры с профилями второго и третьего варианта не имеют преимуществ по сравнению со статором, выполненным по первому варианту. Расчет профилей, выполненных по первому варианту, хорошо совпадает с фактическими размерами статоров насосов и гидромоторов фирмы «Vickers» [1].

Особенностью некоторых статоров фирмы «Denison» является применение профиля, который на участках большого радиуса осуществляет незначительное уменьшение объема камеры, в результате чего рабочая жидкость, заключенная в этой камере, при переносе от полости нагнетания к полости всасывания предварительно сжимается [2]. Такое предварительное сжатие способствует уменьшению шума насоса, так как рабочая жидкость не подвергается столь резкому мгновенному сжатию при переходе из полости всасывания в полость нагнетания, как это имеет место при применении статоров обычного профиля.

Список литературы

[1] Зайченко И.З., Мышлевский Л.М. Пластинчатые насосы и гидромоторы / И.З. Зайченко, Л.М. Мышлевский. - М.: Машиностроение, 1970, 229 с.

[2] Башта, Т.М. Объемные гидравлические приводы / Т.М. Башта [и др.]. - М.: Машиностроение, 1979. - 628 с.

[3] Свешников, В.К. Станочные гидроприводы: справочник / В.К. Свешников. - М.: Машиностроение, 2008. - 640 с.

Бугина Илья Михайлович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана.
E-mail: ulihabrat23@yandex.ru

Савин Владимир Юрьевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: savin.stydy@yandex.ru

А.Н. Маклачков, В.В. Коротков

КАВИТАЦИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

При распространении в жидкости ультразвуковых волн большой интенсивности возникают явления, с которыми связывают разнообразные эффекты ультразвука, используемые в технологиях ультразвуковой очистки, медицине, звукохимии и других областях. К этим явлениям в первую очередь относятся кавитация, акустические течения и радиационное давление.[1-3]

Согласно энциклопедическому словарю: «Кавитация» - (от лат. *cavitas* - пустота) - образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных газом, паром или их смесью. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении ее скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация). Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом ударную волну. Кавитация разрушает поверхность гребных винтов, гидротурбин, акустических излучателей и др.[4]

Гидродинамическая кавитация возникает в тех участках потока, где давление понижается до некоторого критического значения. Присутствующие в жидкости пузырьки газа или пара, двигаясь с потоком жидкости и попадая в область давления меньше критического, приобретает способность к неограниченному росту. После перехода в зону пониженного давления рост прекращается, и пузырьки начинают уменьшаться. Если пузырьки содержат достаточно много газа, то при достижении ими минимального радиуса, они восстанавливаются и совершают несколько циклов затухающих колебаний, а если мало, то пузырек схлопывается полностью в первом цикле.[5]

Акустическая кавитация представляет собой эффективный механизм концентрации энергии. Во время кавитации относительно низкая средняя плотность энергии звукового поля трансформируется в очень высокую плотность энергии, связанную с захлопывающимся пузырьком. Концентрация энергии в очень малых объемах и объясняет высокую эффективность применения акустической кавитации для интенсификации процессов химической технологии.[6]

Кавитационное течение характеризуют безразмерным параметром (числом кавитации):

$$X = \frac{2(P - P_s)}{\rho V^2} ,$$

где P – гидростатическое давление набегающего потока, Па;

P_s – давление насыщенных паров жидкости при определенной температуре окружающей среды, Па;

ρ – плотность среды, кг/м³;

V^2 — скорость потока на входе в систему, м/с.

Известно, что кавитация возникает при достижении потоком граничной скорости $V=V_C$, когда давление в потоке становится равным давлению парообразования (насыщенных паров). Этой скорости соответствует граничное значение критерия кавитации.

В зависимости от величины X можно различать четыре вида потоков:

- докавитационный — сплошной (однофазный) поток при $X>1$,
- кавитационный — (двухфазный) поток при $X\sim 1$,
- пленочный — с устойчивым отделением кавитационной полости от остального сплошного потока (пленочная кавитация) при $X<1$,
- суперкавитационный — при $X\ll 1$.

Рассматривая положительные и отрицательные качества кавитации, мы можем убедиться в ее многофункциональности, так как ее минусы с помощью некоторых преобразований перетекают в плюсы.

Химическая агрессивность газов в пузырьках, имеющих к тому же высокую температуру, вызывает эрозию материалов, с которыми соприкасается жидкость, в которой развивается кавитация. Эта эрозия и составляет один из факторов вредного воздействия кавитации. Второй фактор обусловлен большими забросами давления, возникающими при схлопывании пузырьков и воздействующими на поверхности указанных материалов. Поэтому кавитация во многих случаях нежелательна. Например, она вызывает разрушение гребных винтов судов, рабочих органов насосов, гидротурбин и т. п., кавитация вызывает шум, вибрации и снижение эффективности работы.

Однако, не смотря на все ее недостатки, она используется так же во благо человечеству.

- В промышленности кавитация часто используется для гомогенизации, или смешивания, и отсадки взвешенных частиц в коллоидном жидкостном составе, например, смеси красок или молоке. Многие промышленные смесители основываются на этом разработанном принципе.
- Для ультразвуковой очистки поверхности применяют устройства, которые создают кавитацию, используя звуковые волны и разрушение кавитационных пузырей. Используемая таким образом, потребность в очистке от вредных химических веществ может быть уменьшена во многих промышленных и коммерческих процессах, где требуется очистка как этап производства.
- Военные используют сверхкавитационные торпеды, которые обволакиваются в большие кавитационные пузыри. Существенно уменьшая

контакт с водой, эти торпеды могут передвигаться значительно быстрее, чем обыкновенные торпеды.

- Кавитация играет важную роль для уничтожения камней в почках посредством ударной волны литотрипсии. Литотриптор — прибор, предназначенный для разрушения камней в желчном и мочевом пузырях без хирургического вмешательства. Был разработан В. Ю. Вероманом и Г. А. Денисовым. В настоящее время исследованиями показано, что кавитация также может быть использована для перемещения макромолекул внутрь биологических клеток.
- Кавитация также применяется в стоматологии при ультразвуковой чистке зубов, разрушая зубной камень и пигментированный налет, а также косметологии.
- Кавитация применяется для стабилизации игольчатых пуль подводных боеприпасов (например, боеприпасы автомата АПС или патроны 5.54x39 ПСП для автомата АДС), для увеличения скорости торпед (Шквал и Барракуда).

Рассмотрев выше изложенный материал, мы можем сделать вывод, что изучение кавитации является главной и неотъемлемой частью обучения инженеров всех технических вузах.

Список литературы:

[1] Физика и техника мощного ультразвука. В 3 т. Т. 2. Мощные ультразвуковые поля / под ред. Л.Д. Розенберга. М.: Наука, 1968. 267 с.

[2] Маргулис М.А. Звукохимические реакции и сонолюминесценция. М.: Химия, 1986. 288 с.

[3] Миллер Э., Хилл К., Бэмбер Дж., Дикинсон Р., Фиш П., тер Хаар Г. Применение ультразвука в медицине: физические основы: пер. с англ. / ред. Л. Хилл. М.: Мир, 1989. 568 с.

[4] Большой энциклопедический словарь / Ред. А. М. Прохоров . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Большая Российская энциклопедия, 2000 . – 1456 с.

[5] <http://www.ecoteco.ru/id124>(гидродинамическая кавитация)

[6] Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. М.: Наука, 1984. — 403 с.

Маклачков Андрей Николаевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: ulihabrat23@yandex.ru

Коротков Виталий Владимирович - канд. техн. наук, зав. каф. "Гидромашины и гидропневмоавтоматика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: k2kf@bmstu-kaluga.ru

М.А. Рогожина, А.А. Боганова

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ И ВИБРАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Существуют системы диагностики, позволяющие в автоматическом режиме определять дефекты и отказы таких элементов, как подшипники качения и скольжения, рабочие колеса лопастных насосов, ротора турбомашин и электромашин, зубчатые колеса редукторов. Определение ими неисправности происходит путем математического анализа вибрационной информации, с последующей выдачей сигналов о неисправности на основе вероятностной оценки большого объема накопленных экспериментальных данных. Однако диагностику сложных уникальных машин, для которых отказы оборудования являются единичными, а не повторяющимися, сегодня невозможно осуществлять без непосредственного участия квалифицированных специалистов.

Возможность определять дефект по косвенным признакам требует наличие узкоспециализированной системы параметрической и вибрационной диагностики, основанной на базе данных по всем возможным дефектам и отказам рассматриваемых ПТУ и их комплектующих. Эта задача должна решаться на основе создания базы данных о дефектах и отказах в процессе испытаний и при эксплуатации за всю историю их работы. Она должна пополняться за счет информации, полученной как при испытаниях новых опытных образцов комплектующего оборудования ПТУ, так и в процессе моделирования отказов тех или иных узлов паротурбинной установки на отдельных стендах, что требует постановки необходимых исследований при создании соответствующих систем диагностики и обязательного включения этих исследований в программы доводки и сдачи опытных и серийных изделий [1] для энергетической промышленности.

При проведении испытаний и эксплуатации современного энергетического оборудования требуется одновременно измерять и контролировать большое количество параметров установки, таких как: давление, расход, температура, вибрация и т.д.

Для измерения давления, как правило, применяются: манометры, вакуумметры, мановакуумметры и датчики давления.

Давление является одним из важнейших параметров при испытаниях и эксплуатации оборудования в любых отраслях промышленности. Точность измерения этого параметра гарантирует безопасность и целостность рабочей установки.

Измерение давления необходимо для управления технологическими процессами и обеспечения безопасности производства. Кроме того, этот параметр используется при косвенных измерениях других технологических параметров, таких как уровни жидкостей, их температуры и плотности, а также требуется для определения и учета расхода.

Еще одним важным параметром, измеряемым при проведении испытаний и эксплуатации установок, является температура среды.

Сегодня для измерения температуры применяются: термометры расширения, манометрические термометры, электрические термометры сопротивления, термоэлектрические преобразователи (термопары), пирометры излучения.

Также при проведении испытаний и эксплуатации современного энергетического оборудования требуется определять расходы перекачиваемых сред.

Самым простым и одновременно самым точным способом измерения расхода является объемный способ, который заключается в измерении времени, за которое жидкостью будет заполнен тот или иной, заранее известный объем. Однако этот способ не применим для измерения большого расхода жидкости (например, расходы в конденсатно-питательных системах и системах охлаждения энергетических установок).

В настоящее время для измерения расхода применяются: расходомеры переменного перепада давления, расходомеры обтекания, расходомеры с непрерывным движением приемных устройств, электрические расходомеры, тепловые расходомеры, ультразвуковые расходомеры.

В последнее время особое внимание уделяется измерению вибрации, так как в большинстве случаев она оказывает вредное влияние на человека и большую часть техносферы, например: вредное воздействие на здоровье людей; поломка и разрушение энергетического оборудования; разрушение построек и зданий и т.п.

Первые, аналоговые приборы для измерения вибрации позволяли измерять только ее интегральное значение, то есть мощность. Некоторые из них успешно используются и в настоящее время.

Современные приборы используют цифровые методы для вычислений значения вибрации. Они очень просто устроены и поэтому относительно дешевы.

Для измерения вибрации применяются: специализированные виброметры, виброскопы, виброанализаторы и универсальные шумовиброметры.

Сегодня в России и во всем мире наблюдается растущий спрос на технологии, программно-аппаратные средства для управления промышленными объектами и системы диагностики промышленного оборудования, поскольку именно автоматизация становится доступной, более надежной и безопасной. Так как существует необходимость интенсивного переоснащения промышленного производства, большое значение имеет рациональная организация работ по созданию систем автоматизации. Снабжение приборами промышленного оборудования существенно упрощает и удешевляет процесс оснащения ими сложных систем, а сами системы становятся функционально более гибкими и надежными, и как следствие, упрощается работа с ними.

Создание автоматизированных комплексов измерения и диагностики (АКИД) требует системы параметрического и вибрационного контроля, работающих вместе.

Контроль с возможностью последующей обработки и анализа вибрационных и медленно изменяющихся параметров (температура, расход, давление), обеспечивает объединенные многоканальные системы парамет-

рической и вибрационной диагностики. Обработка таких систем включает лабораторные исследования типовых отказов оборудования и его элементов на моделях и натуральных стендах, а также доводку комплексной системы диагностики различного оборудования [1].

В настоящее время все большее применение в паротурбинных установках находят герметичные моноблочные электронасосы для перекачки различных рабочих сред, применяемые вместо консольных насосов. Применение таких электронасосов позволяет существенно снизить (в среднем в 1,5 раза, а на отдельных частотах до 2,5 раз) уровни вибрации насосного оборудования в диапазоне частот от 40 Гц до 10000 Гц (рисунок 1) [2].

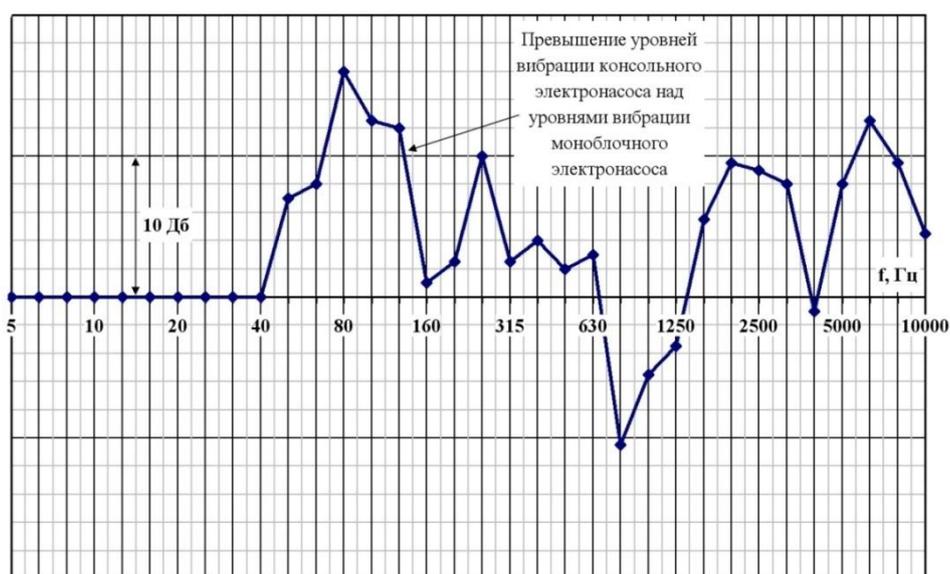


Рис. 1. Сравнение уровней вибрации консольного и моноблочного электронасосов

Создание автоматизированных комплексов измерения и диагностики может позволить точно определить момент разрушения или даже предотвратить разрушение какого-либо элемента установки.

В эксплуатации для анализа и принятия оперативного и обоснованного решения, помимо текущего состояния параметров объекта, системы контроля и их программное обеспечение должны выдавать оператору тип и причины возможных неисправностей.

Существуют системы диагностики, позволяющие в автоматическом режиме определять дефекты и отказы таких элементов, как подшипники качения и скольжения, рабочие колеса лопастных насосов, ротора турбомашин и электромашин, зубчатые колеса редукторов. Определение ими неисправности происходит путем математического анализа вибрационной информации, с последующей выдачей сигналов о неисправности на основе вероятностной оценки большого объема накопленных экспериментальных данных. Однако диагностику сложных уникальных машин, для которых отказы оборудования являются единичными, а не повторяющимися, сегодня невозможно осуществлять без непосредственного участия квалифицированных специалистов.

При испытаниях паротурбинных установок и их комплектующих применяются системы параметрического и вибрационного контроля, работающие отдельно друг от друга. Для обеспечения надежной работы ПТУ при испытаниях стендах и в процессе эксплуатации, необходимо одновременно измерять, обрабатывать и анализировать как вибрационные, так и медленно изменяющиеся параметры (до 400 и более). Такой контроль с возможностью последующей обработки и анализа обеспечивают объединенные многоканальные системы параметрической и вибрационной диагностики. Отработка таких систем включает лабораторные исследования типовых отказов оборудования и его элементов на моделях и натуральных стендах, а также доводку комплексной системы диагностики в составе всей паротурбинной установки на отдельном стенде и в условиях эксплуатации.

Так, например, на ОАО «Калужский турбинный завод» (ОАО «КТЗ») используется объединенная система на базе параметрического (АСTest) и вибрационного контроля (ПУЛЬС).

Такая система при испытаниях транспортной ПТУ позволила точно определить момент разрушения втулки подшипника ее герметичного масляного электронасоса, установить причину разрушения и в конечном итоге ее устранить.

Еще одним примером совместного применения систем многоканального параметрического (АСTest) и вибрационного (Вибробит-300 и ИТ-14) контроля на ОАО «КТЗ» стало их использование при наладочных и приемочных испытаниях головных энергетических турбин большой мощности (до 70 МВт) с длинными роторами и многосоставными корпусами [1].

На основе собранных объединенной системой данных при наладочных испытаниях турбины, после их анализа была разработана и внедрена методика пуска турбины из холодного состояния.

Во всех перечисленных выше случаях контроль параметров в режиме реального времени, их анализ, и выводы по состоянию объекта проводились оператором.

Анализируя вышесказанное, становится очевидным, что при эксплуатации энергетического оборудования для анализа и принятия оперативного обоснованного решения, помимо текущего состояния параметров объекта, современные системы контроля и их программное обеспечение должны выдавать оператору тип и причины возможных неисправностей.

Список литературы

[1] Кирюхин А.А., Кольцов С.М., Абрамов А.В. Совместное применение систем вибрационного и параметрического контроля при испытаниях паротурбинных установок (пту) и их комплектующих. 3 с.

[2] Сборник докладов конференции молодых ученых и специалистов «Судовая и промышленная акустика», ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» 2010г, с. 165-168.

Рогожина Марина Александровна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: marinarogozhina1994@yandex.ru

Боганова Анастасия Алексеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: boganowa.anastasya@yandex.ru

Д.А. Ломакин, А.И. Быков, Ф.Л.Чубаров

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПНЕВМОПРИВОДА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА МП–9С

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Роботы с пневмоприводом обычно работают по упорам на каждой из осей. Эти упоры конструктивно мало отличаются от тех, что использовались в пневмоприводах до появления роботов. Несколько реже применяется и другой тип конструкции, позволяющий получить непрерывное управляемое движение с возможностью настройки скорости перемещения и фиксации в промежуточных положениях. Один из методов, которым подобное перемещение может быть обеспечено, известен как дифференциальная осцилляция. При этом подается ряд коротких импульсов сжатого воздуха, заставляющих рабочий орган робота перемещаться в заданном направлении, проходя весь путь под непрерывным контролем. Для решения такой задачи, в первую очередь, необходимо провести параметрическую идентификацию.

Методы идентификации существенно зависят от форм представления математических моделей в обыкновенных дифференциальных и алгебраических уравнениях, разностных уравнениях, уравнениях свертки и т.д. При этом, как правило, из-за присущей моделям параметрической неопределенности, ни один из методов идентификации не считается универсальным и вопрос его выбора зависит от конкретной области применения.

Объектом настоящего исследования является промышленный робот первого поколения МП–9С. Технические характеристики данного робота представлены в работе [1].

Согласно схеме, изображенной на рис. 1, перемещение поршня 1 на шаг S происходит вправо вместе со штоком 3, рукой 4 и устройством захвата (УЗ) 5. Дроссель 7 служит для регулировки скорости перемещения подвижных частей двигателя.

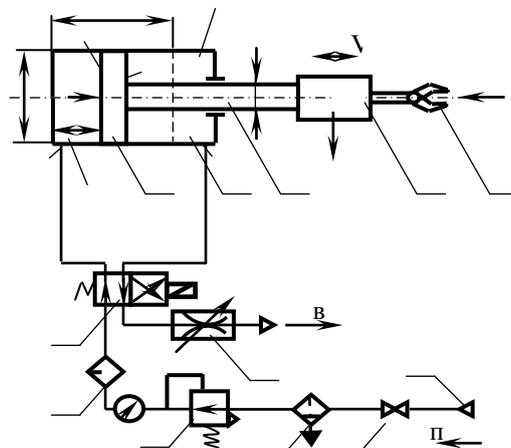


Рис. 1. Типовая схема пневмопривода

Изменение давление в полостях цилиндра во времени описывается следующими уравнениями, основанными на законе Бернулли и уравнениях неразрывности потока:

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{k}{(x_{01} + x_1)} \left(\frac{f \cdot K \cdot P_M \cdot \sqrt{J \cdot T_M}}{F} \cdot \varphi(\sigma) - P_1(t) \cdot \frac{dx}{dt} \right),$$

$$\frac{dP_2}{dt} = \frac{k}{(s + x_{02} - x(t))} \left(P_2 \cdot \frac{dx}{dt} - \frac{f \cdot K \cdot P_2^{\frac{3k-1}{2k}} \cdot \sqrt{J \cdot T_M}}{F \cdot P_M^{\frac{k-1}{2k}}} \cdot \varphi(\sigma) \right).$$

Движения цилиндра по 2-му закону Ньютона описывается следующим уравнением:

$$m\ddot{x} = \frac{1}{m} \left(F(P_1 - P_2) - \mu \frac{dx}{dt} \right).$$

Обозначения параметров в представленных уравнениях приведены в таблице 1.

Для решения задачи параметрической идентификации экспериментально получен график перемещения штока, представленный на рис.4.

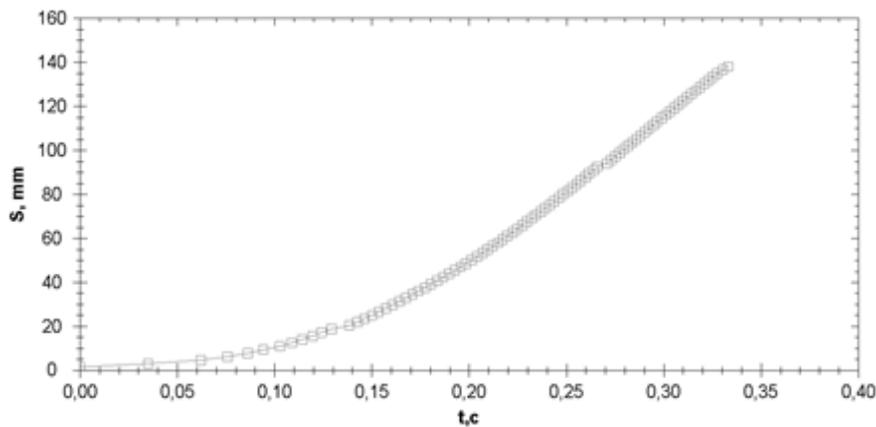


Рис. 2. График перемещения штока, полученный экспериментально

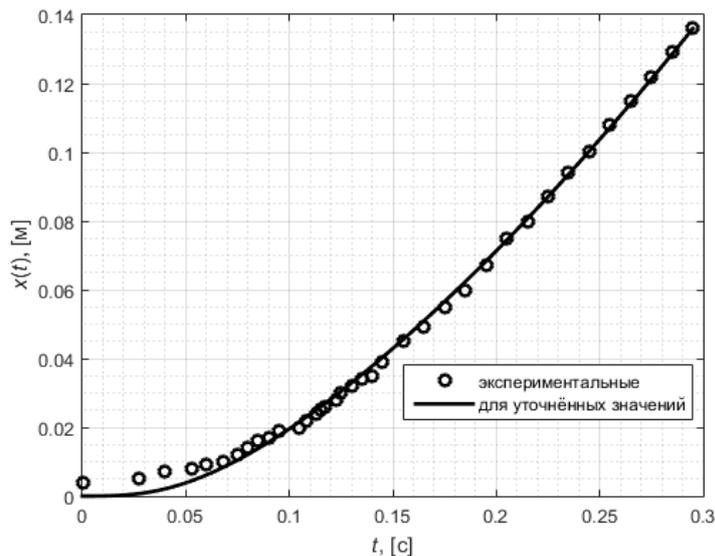


Рис. 3. Результаты моделирования

Таблица 1. Обозначения переменных, используемых в динамической модели

Описание	Обознач.	Ед.
Давление в поршневой полости пневмоцилиндра	P1	Па
Давление в поршневой полости пневмоцилиндра	P2	Па
Начальная координата поршня	X01	м
Площадь поршня	F	м ²
Давление в магистрали	P_M	Па
Газовая постоянная	J	
Температура воздуха в магистрали	T_M	К
Показатель адиабаты	κ	
Функция расхода	$\varphi(\sigma)$	
Площадь входного отверстия	f	м ²
Рабочий ход	s	м
Конечная координата поршня	X02	м
Масса поршня	m	кг
Коэффициент вязкого трения	μ	

Условная оптимизация невязки между выходом модели и экспериментально полученным перемещением штока пневморобота позволило уточнить числовые значения некоторых параметров модели, в частности коэффициента вязкого трения, показателя адиабаты и функции расхода воздуха. В результате были получены следующие значения этих коэффициентов: $\mu = 0,48$, $k = 2,6$, $\varphi(\sigma) = 4 \cdot 10^{-6}$, что позволило уточнить модель и провести ее моделирование в части перемещения штока (рис. 5).

Полученный результат моделирования свидетельствует о достаточной для практического применения сходимости с экспериментальными данными и позволяет продолжать на данной модели дальнейшее исследование динамики привода.

Литература

[1] Юревич Е.И. *Основы робототехники*. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010 г. – 368 с.

[2] Спыну Г.А. *Промышленные роботы. Конструирование и применение*. – К.: Высшая школа., 1991 г. – 311 с.

[3] *Методы классической и современной теории автоматического управления*. Т. 2: *Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления* / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 640 с.

Ломакин Дмитрий Андреевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: sup4yoba@gmail.com

Быков Артем Иванович – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: bykov200@yandex.ru

Чубаров Федор Леонидович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: fedor1966chub@yandex.ru

В.В. Пашенко, О.И. Зиновьева

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОБЪЕМА ЖИДКОСТИ В ЗАДАЧЕ ЗАПОЛНЕНИЯ РЕЗЕРВУАРА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Метод объема жидкости (*Volumeoffluidmethod, VOF*) — численный метод для аппроксимации свободной поверхности (рис. 1). Он относится к классу Эйлеровых методов, которые характеризуются сеткой, которая является стационарной или движется согласно изменяющейся форме поверхности по определенному заданному закону. Метод представляет собой алгоритм, который позволяет отслеживать форму и положение поверхности в целом, но не является автономным алгоритмом. Уравнения Навье-Стокса, описывающие движение потоков, должны быть решены по отдельности, что характерно для всех других алгоритмов адвекции.

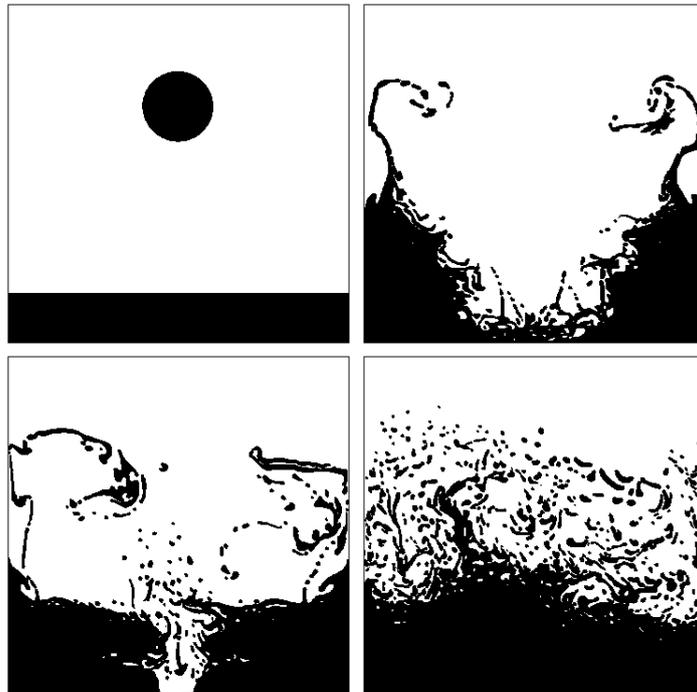


Рис. 1. Падение капли в жидкость

Общий алгоритм моделирования состоит из следующих этапов:

- В начале шага по времени убирается разделение поверхностных ячеек (т.е. тех, которые содержат контактную границу) на отдельные ячейки и вся информация о фазах записывается последовательно в одну ячейку (перемешивания фаз не происходит);
- Определяется явный шаг по времени для переноса VOF. При этом используется маркировка ячеек (жидкостная – газовая – поверхностная для данной переносимой фазы);
- Явным методом решается уравнение переноса;

- Производится маркировка ячеек жидкость – газ – поверхность и выделение капель и пузырьков;
- Если явный шаг алгоритма меньше, чем шаг по времени всего алгоритма решения уравнений динамики жидкости, то переходим к пункту 2);
- Производится коррекция массы;
- Производится построение поверхности ячеек и их расщепления на ячейки, каждая из которых принадлежит своей фазе;
- Решается уравнение Навье – Стокса для каждой фазы в отдельности.

Данный алгоритм позволяет проводить моделирование переноса фазы с произвольным числом Куранта.

Описанный выше метод применялся в задаче наполнения резервуара жидкостью. Размеры резервуара – 120*150 мм, скорость входящего потока жидкости – 1.5 м/с.

Приведем полученные результаты. На рис. 2 показаны распределения объема жидкости на двух этапах наполнения сосуда.

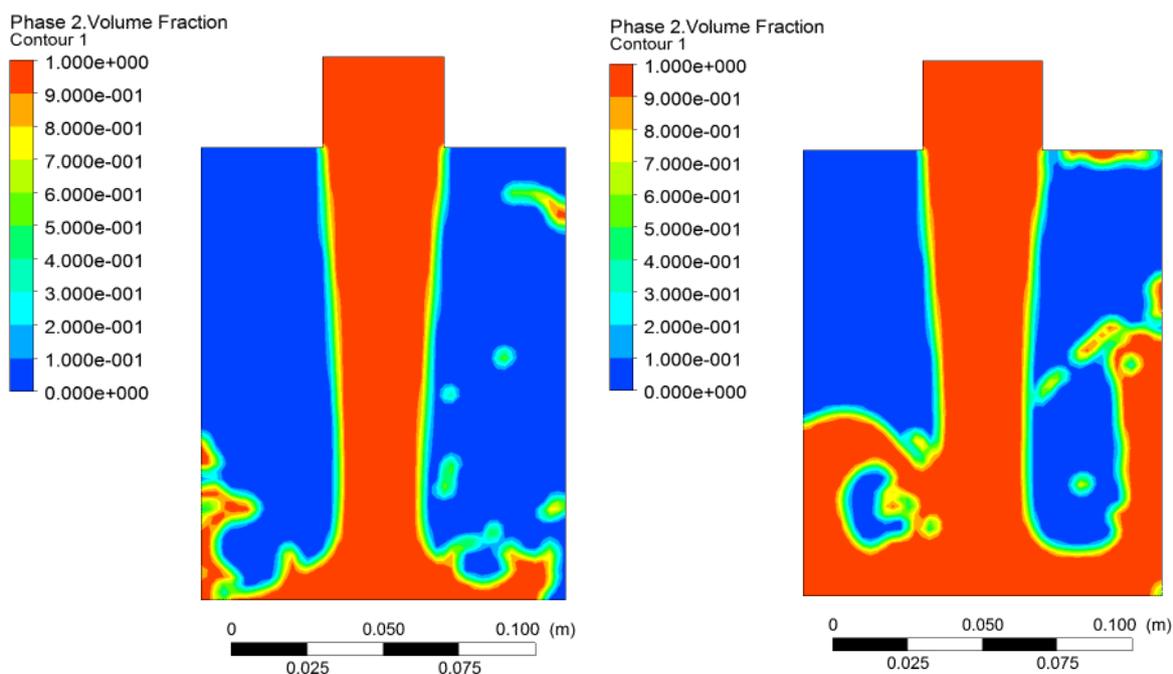


Рис. 2. Распределения объемов жидкости в сосуде

На рис. 3 показаны распределения скорости и давления потоков жидкости на одном из этапов наполнения.

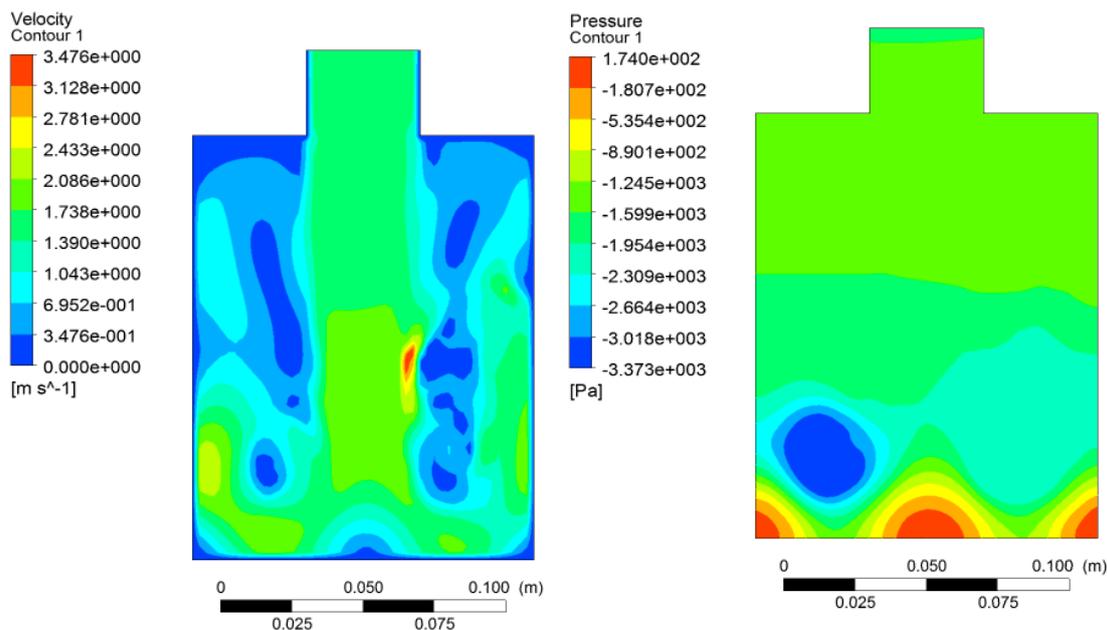


Рис. 3. Распределения скорости и давления жидкости

Можно отметить хорошую скорость сходимости решения, адекватность получаемой картины распределения объема жидкости в резервуаре, распределений скоростей и давлений.

Список литературы.

[1]. Бэтчелор Дж. К., Введение в динамику жидкости, Москва – Ижевск, РХД, 2004.

[2]. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа . – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003.

[3]. C. W. Hirt and B. D. Nichols, Volume of Fluid (VOF) Method for the Dynamics of Free Boundaries // Journal of Computational Physics, no. 39, pp. 201–225, 1981.

[4]. Harlow F, Welch JE. Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow of fluid with a free surface. // Phys Fluids 1965;8:2182–9.

[5]. Monaghan J.J., Simulation Free Surface Flows with SPH // Journal of Computational Physics, no. 110, pp. 399-406, 1994.

[6]. Голов А.В. Моделирование движения многофазной жидкости в программном комплексе FlowVision. Магистерская диссертация, МФТИ (ГУ), Москва, 2013.

Пащенко Василий Васильевич – ассистент кафедры КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vasily.pashchenko@gmail.com

Зиновьева Ольга Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: zinovevaolga15@gmail.com

СЕКЦИЯ 10.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В.В. Сорочан, К.В. Степаненко

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕГРЕССИОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ КОНФИГУРАЦИЙ 1С

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

С развитием информационных технологий, повышаются требования к качеству выпускаемого программного обеспечения (ПО). Повысить качество можно посредством тестирования, которое позволяет выявить присутствующие недоработки. От качества тестирования на этапе разработки ПО зависит вероятность возникновения проблем во время работы программы.

Тестирование программного обеспечения - это проверка соответствия между реальным и ожидаемым поведением программы, осуществляемая на конечном наборе тестов, выбранном определенным образом [1]. Для некоторых видов тестирования (регрессионное, функциональное, нагрузочное) часто используется автоматизация. Она позволяет ускорить процесс тестирования и свести к минимуму «человеческий фактор». Так же после написания автоматических тестов потребуются меньше затрат на поддержку и анализ результатов чем в случае тестирования вручную [2].

Наиболее распространенной формой автоматизации при регрессионном тестировании является тестирование приложений через графический пользовательский интерфейс. В этом случае есть возможность тестировать не только интерфейс пользователя, но также и функциональность, выполняя операции, вызывающие бизнес логику приложения. Такого рода сквозные тесты дают больший эффект, чем просто тестирование функционального слоя.

Для автоматизации регрессионного тестирования конфигураций, написанных на платформе 1С, больше всего подходит встроенный механизм имитации действий пользователя.

Механизм автоматизированного тестирования позволяет легко и быстро создавать различные сценарии тестирования, без необходимости написания сложных процедур и функций для имитации действий пользователя. При автоматизированном тестировании между собой взаимодействуют два клиентских приложения [3]. Встроенный язык содержит ряд специализированных объектов, позволяющих на клиенте тестирования имитировать действия пользователя: навигация по прикладному решению, выполнение интерактивных команд системы, ввод данных в поля форм, чтение данных, отображаемых в форме, и т.д.

С помощью этого механизма разработано приложение, которое будет в автоматизированном режиме тестировать конфигурацию, написанную на платформе 1С. Для реализации проекта создана внешняя обработка на платформе 1С. Все написанные сценарии будут последовательно выполняться в автоматизированном режиме. На каждом шаге тестирования запи-

сывается лог-файл, содержащий в себе указание на шаг и результат тестирования. Сама система тестирования связана с системой управления тестированием и системой управления проектами.

Диаграмма вариантов использования для разработанного приложения приведена на рисунке 1.

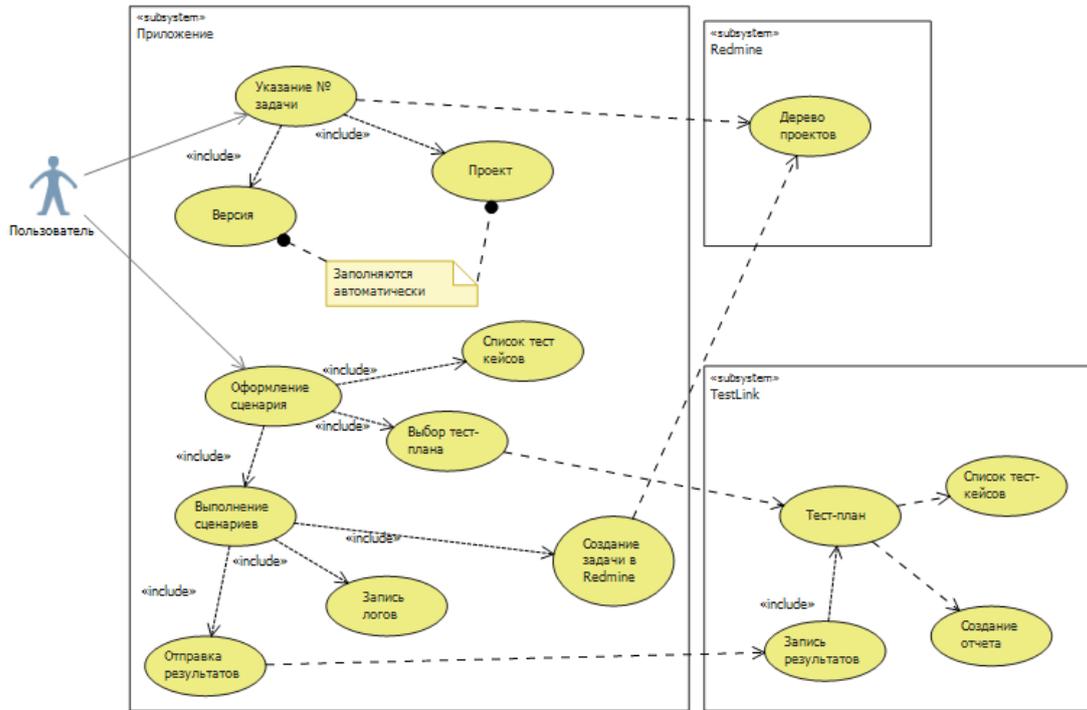


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Данная диаграмма выделяет в системе единственное действующее лицо, им является пользователь. Структура системы подразделяется на три подсистемы. Имеются четко выделенные подсистемы «TestLink» и «Redmine». Эти подсистемы содержат варианты использования, осуществляемые посредством конкретного оборудования.

Все общение с Redmine идет через REST API (англ. RepresentationalStateTransfer – «передача состояния представления», ApplicationProgrammingInterface - интерфейс программирования приложений).

Общение идет через XML-файлы (англ. eXtensible Markup Language — расширяемый язык разметки). Разбор и формирование XML-файлов реализовано с помощью XDTO (XML DataTransferObjects) пакетов.

REST API определяет набор функций, к которым разработчики могут совершать запросы и получать ответы. Взаимодействие происходит по протоколу HTTP. Преимуществом такого подхода является широкое распространение протокола HTTP, поэтому REST API можно использовать практически из любого языка программирования.

Преимуществом автоматизированного тестирования является простота и наглядность разработки тестов. Поскольку тест оперирует только ин-

теративными действиями пользователя, то разработчику не нужно знать структуры конфигурации на уровне реквизитов объектов. При изменении, например, кода конфигурации нет необходимости переделывать тест, поскольку на клиенте тестирования по-прежнему будут выполняться те же действия с теми же элементами управления. Механизм автоматизированного тестирования может быть использован тестировщиками для записи последовательности действий, приводящих к ошибке. Записанные данные можно отправить разработчикам для исправления обнаруженной ошибки. Также автоматизированное тестирование может применяться для выявления в конфигурации избыточных блокировок и взаимоблокировок [4]. В большинстве случаев автоматизированное тестирование применяется в совокупности с ручным.

Разработанное приложение позволяет выполнить регрессионное тестирование в автоматизированном режиме. Это позволит сократить время на тестирование обновлений конфигурации и повысить качество тестирования. Приложение также предоставляет пользователю отчет с результатами прохождения тестов. После этого пользователь самостоятельно принимает решение о работоспособности данного обновления.

Список литературы

[1] ПроТестинг. Тестирование программного обеспечения - основные понятия и определения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.protesting.ru/>

[2] Дастин Э., Рэшка Дж, Пол Дж. Автоматизированное тестирование программного обеспечения. М.: Лори, 2003, 592 с.

[3] 1С:Предприятие 8. Автоматизированное тестирование, механизм [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://v8.1c.ru/overview/>

[4] Автоматизированное тестирование в «1С:Предприятие 8.3» [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://курсы-по-1с.рф>

Сорочан Виталий Викторович - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vsorochan@mail.ru

Степаненко Ксения Витальевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: stepanenkokhenia@gmail.com

А.А. Карышев, А.И. Веселин

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫМ КОМПЬЮТЕРОМ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ПОСРЕДСТВАМ ГОЛОСОВОГО ИНТЕРФЕЙСА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В современном мире существует идея инклюзии — полного включения людей с особенностями и ограниченными возможностями в жизнь общества. Главные материальные условия инклюзии — создание единой информационной среды, одинаково доступной людям с любыми видами ограничений.

Одним из решений обозначенной проблемы является использование программ экранного доступа (скринридеров) - программных средств для чтения текстовой информации и озвучивания действий пользователя с помощью синтезаторов речи [1]. В операционную систему Windows встроен экранный диктор, отчасти выполняющий функции экранного доступа, однако в нем отсутствует поддержка русского языка[2].

Основной проблемой использования программ экранного доступа является их недостаточная совместимость с браузерами. Другой распространенной проблемой является неадаптированность контента сайтов для скринридеров. Поэтому был разработан ряд требований для реализации сайтов, позволяющий избежать данных проблем[3].

Еще одним решением, способствующим реализации идеи инклюзии, является использование средств голосового управления. Попытки создать средства распознавания живой речи предпринимаются давно, однако все существующие технологии далеки от совершенства. Подобные системы распознавания речи создается строго под определенный язык и требует больших временных затрат[4]. Поэтому голосовые технологии управления стоит рассматривать только как дополнение к другим способам ввода информации и управления[5]. Следовательно задача разработки приложения для управления персональным компьютером для людей с ограниченными возможностями русскоязычной аудитории является современной и актуальной.

В качестве среды разработки была выбрана Microsoft Visual Studio 2012, программа была написана на языке C# с применением сервиса Yandex SpeechKit.

Сервис Yandex SpeechKit представляет собой инструмент для распознавания и синтеза русскоязычной речи. В нем для улучшения процесса распознавания используются специальные языковые модели, предназначенные для распознавания речи определенной тематики. При построении моделей используется нейронная сеть, которая обучается на речи, исполь-

зубаемой в той или иной области. Применение модели, соответствующей содержанию речи, увеличивает точность и скорость распознавания и позволяет снизить требования к вычислительным ресурсам. При разработке приложения была выбрана модель «короткие запросы» — фразы (3—5 слов) на различные темы, в том числе запросы в поисковых системах[6].

На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования разработанного приложения.

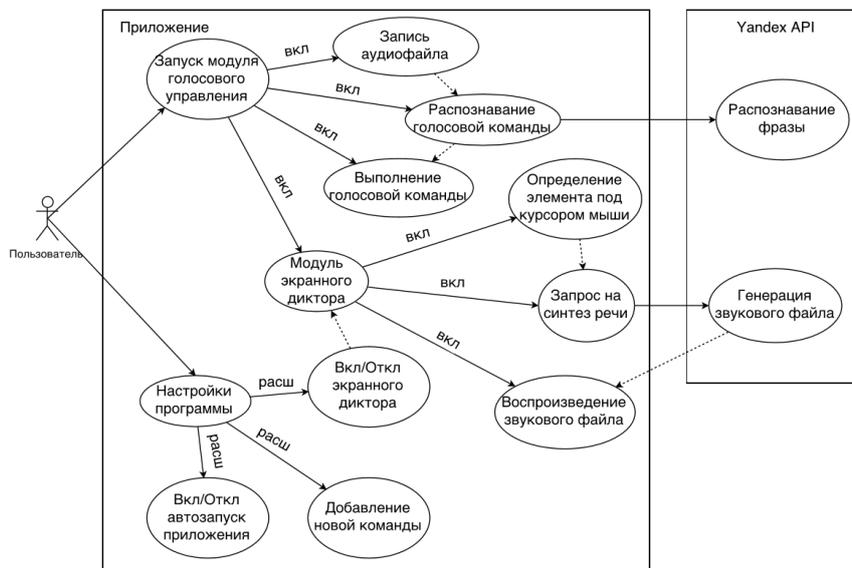


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Рассмотрим подробнее работу модуля скринридера и голосового управления. На рисунке 2 представлена диаграмма последовательности для модуля голосового управления, отображающая последовательность действий при выполнении голосовой команды.

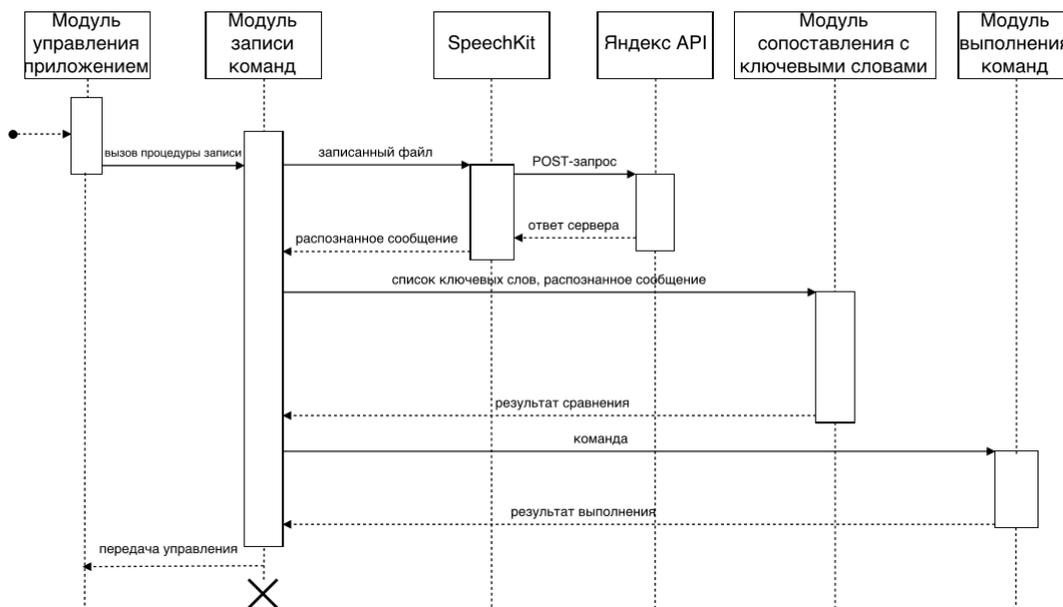


Рис. 2. Диаграмма последовательности для модуля голосового управления

Разрабатываемое приложение запускается в трей и находится там до тех пор, пока пользователь не использует горячую клавишу F5 запуска программы.

При нажатии на клавишу запуска F5 включается модуль записи команд, в котором формируется аудиофайл, содержащий голосовую команду пользователя. После того как файл был записан, он отправляется в модуль SpeechKit, реализующий подготовку и отправку POST-запроса на сервер распознавания «Яндекса». Модуль SpeechKit ожидает ответа сервера, после чего производит выборку необходимой информации из полученного ответа. Модуль записи команд, получив результат распознавания, передает распознанную команду модулю сопоставления с ключевыми словами, задачей которого является выявить совпадение переданной команды с имеющимся списком ключевых слов команд либо сделать вывод о том, что команда не опознана. В случае если результат сопоставления положителен, команда отправляется на модуль выполнения команд, после чего команда выполняется, и программа вновь сворачивается в трей.

На рисунке 3 представлена диаграмма последовательности для модуля экранного доступа.

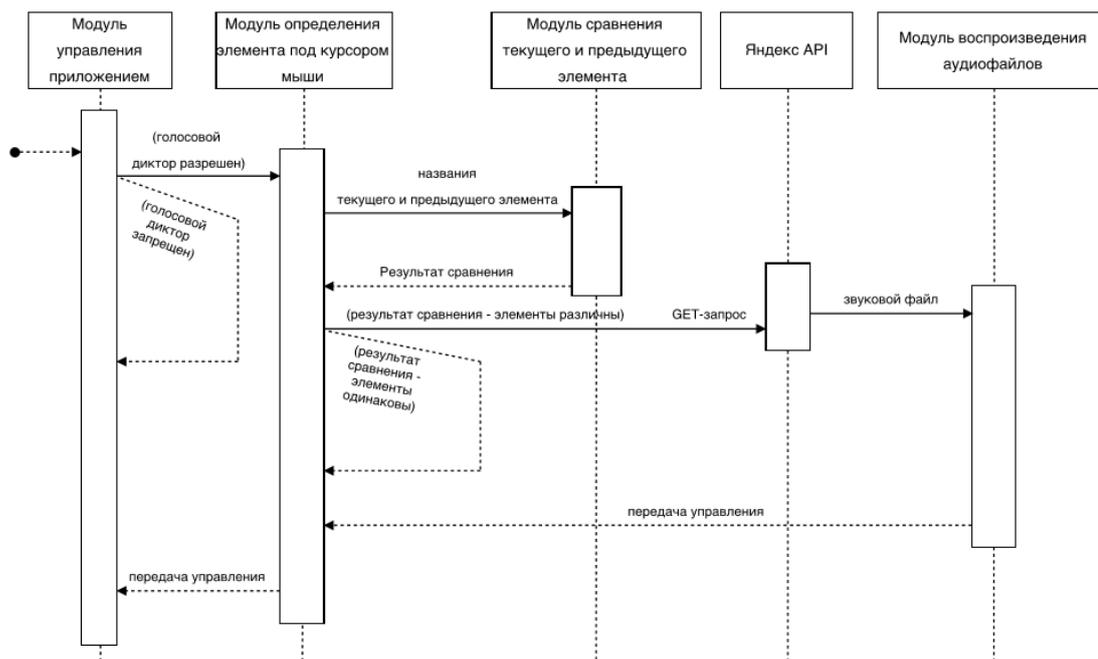


Рис. 3. Диаграмма последовательности для модуля экранного доступа

Работа модуля экранного доступа определяется соответствующими настройками (на диаграмме – модуль управления приложением). Если работа модуля разрешена, то запускается модуль определения элемента под курсором мыши, работающий циклично с интервалом времени в одну секунду, который после определения названия текущего элемента передает его в модуль сравнения вместе с названием элемента, определенного на предыдущей итерации цикла работы модуля. Если названия одинаковы, то

управление возвращается к модулю определения элемента, который в свою очередь обращается к модулю управления приложением с целью установления возможности дальнейшей работы. Если же названия элементов различны, то на сервер Yandex SpeechKit отправляется GET-запрос с целью получения файла, содержащего озвучивание текущего элемента. После того, как файл будет получен, он проигрывается модулем воспроизведения файлов, после чего управление передается модулю определения элемента под курсором мыши.

Разработанная программа имеет контрастную тему оформления, которая позволяет слабовидящим пользователям лучше ориентироваться в интерфейсе. При наведении мыши на соответствующий пункт происходит его подсвечивание и озвучивание. Реализации контрастной темы представлена на рисунке 4 на примере главного окна программы.



Рис. 4. Главное окно программы

В главном окне программы содержится кнопка «Настройки», нажатие на которую вызывает окно настроек и «Список команд», которая открывает окно, которое позволяет просмотреть и прослушать доступный список команд голосового управления.

Настройки программы включают в себя пункт «Экранный диктор», который позволяет включать/отключать модуль скринридера, а также пункт «Автоматический запуск», управляющий запуском программы при старте операционной системы.

При нажатии клавиши F5 запуска модуля голосового управления появляется окно записи голосовой команды, представленное на рисунке 5. При этом звучит сигнал, оповещающий пользователя о том, что следует произнести команду.



Рис. 5. Окно записи голосовой команды

Индикатор черного цвета показывает, сколько осталось времени для произношения фразы. По умолчанию время, выделяемое для этой цели, составляет 2 секунды. Это связано с тем, что при средней скорости произношения этого времени достаточно, чтобы произнести команду из списка команд. Кроме того, чем меньше время записи, тем меньше данных и быстрее данные будут отправлены на сервер. Пока индикатор движется, происходит запись звука с микрофона. После того как время записи истекло, приложение подключается к серверу и с post-запросом отправляет записанную фразу для анализа, после чего ожидает ответа от сервера. Пока идет запись команды, можно отменить действие нажатием на клавишу ESC. В случае успешного распознавания программа выполняет сценарий, соответствующий распознанной звуковой команде.

В результате проделанной работы было создано приложение, позволяющее осуществлять управление персональным компьютером людьми с ограниченными возможностями посредством голосового интерфейса. Приложение имеет контрастную тему оформления, что позволяет слабовидящим пользователям лучше ориентироваться в интерфейсе. Разработанный в рамках приложения модуль скринридера позволяет успешно выполнять типовые задачи, с которыми сталкиваются пользователи: просмотр веб-страниц в браузере, работа с документами в редакторе Microsoft Word, работа с программой Skype и др. Система распознавания и синтеза речи Yandex SpeechKit, использованная в разработке данной программы, позволяет распознавать слова русского языка с долей верно распознанных слов до 95%. Среднее время распознавания занимает при этом 1-2 секунды в зависимости от параметров производительности компьютера и скорости соединения с интернетом.

Список литературы

[1] Г.Е. Сенкевич. Компьютер для людей с ограниченными возможностями. БХВ — Петербург, 2014 – 320с.

[2] Р.К. Потапова. Речь: коммуникация, информация, кибернетика: Учебное пособие. Изд. 4-е, дополненное: Либроком, 2011. – 568 с.

[3] *Рекомендации по доступности страниц для людей с ограниченными возможностями*. URL: <http://habrahabr.ru/post/110600/> (дата обращения 10.03.2016)

[4] С.В. Васьковский, Н.В. Петухова, М.П. Фархадов. Компьютерные речевые технологии в современных информационных и сервисных системах. *Информационно-измерительные и управляющие системы*, 2013, №3, с.61-67.

[5] Б. М. Лобанов, Л. И. Цирульник. Компьютерный синтез и клонирование речи. — Минск, «Белорусская Наука», 2010. — 316 стр.

[6] *Речевые технологии Yandex SpeechKit*. URL: <http://tech.yandex.ru/speechkit> (дата обращения 15.02.2016);

Карышев Андрей Анатольевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ak9105252055@yandex.ru

Веселин Андрей Игоревич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: andreyveselin@gmail.com

УДК 621.744

А.А. Карышев, Ю.Ф. Дорохов, А.А. Багдошвили

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ПРОЕКТИРОВЩИКА ПРЕСС-ФОРМ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

При производстве изделий из пластмасс методом литья под давлением одним из важнейших и трудоемких этапов является проектирование пресс-формы по габаритам отливки.

Литье под давлением – это технологический процесс, в ходе которого исходный материал впрыскивается в специальную пресс-форму, после чего линейно застывает.

Весь цикл литья осуществляется на термопластавтомате (ТПА), в который монтируется литьевая форма.

Литье осуществляют под давлением 80-140 МПа на литьевых машинах поршневого или винтового типа, имеющих высокую степень механизации и автоматизации [1].

Литье под давлением позволяет изготавливать детали массой от долей грамма до нескольких килограммов.

Нестабильная экономическая ситуация поставила перед предприятиями задачу по выпуску конкурентоспособной продукции в короткие сроки.

Конструирование является одним из важнейших этапов на производстве, поскольку, проектировщику необходимо должным образом обеспечить требуемые технико-экономические свойства изделия с учетом минимальных временных затрат.

Таким образом, задача быстрого поиска и проектирования пресс-формы, а так же подбора под нее ТПА является актуальной в настоящее время. В данной статье рассматривается ее реализация. Для решения поставленной задачи необходимо разработать алгоритмы поиска подходящей пресс-формы, расчета ее массовых характеристик и подбора подходящего ТПА. Как среда разработки была выбрана Microsoft Visual Studio. Для трехмерного моделирования и подробного анализа массовых характеристик выбран программный пакет проектирования - SolidWorks. Для хранения данных была выбрана система управления базами данных Microsoft SQL Server 2012 [3].

По габаритным размерам отливки система подбирает подходящую пресс-форму. Выбирается наименьшая подходящая форма с учетом отведенного места под каналы охлаждения и производится построение ее трехмерной модели. Для подбора ТПА под полученную пресс-форму важно знать высоты ее составляющих плит. Для каждой плиты они фиксированы,

но имеют, как правило, несколько значений, которые выбираются проектировщиком в каталоге плит изготовителя, исходя из конструкции отливаемого изделия.

С учетом данных особенностей была спроектирована модель базы данных, представленная на рисунке №1.

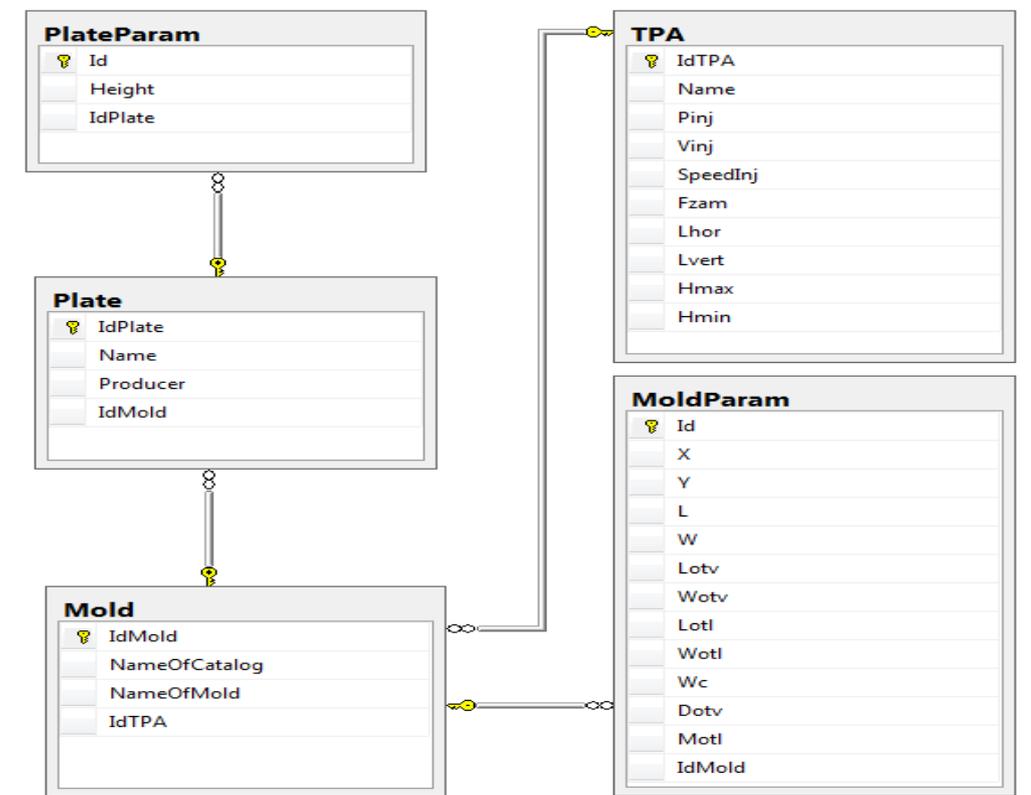


Рис. 1.Схема разработанной БД

Сущность «Plate» содержит название плиты и ее производителя. Высота плиты хранится в сущности «PlateParam». Сущность «Mold» содержит информацию о каталоге и названии пресс-формы. Основные параметры формы, необходимые для подбора, в том числе габаритные размеры отливки, ее масса хранятся в таблице «MoldParam».

Сущность «ТРА» хранит параметры, характеризующие техническую составляющую термопластавтомата.

При работе в системе, пользователю необходимо указать габариты отливки, после чего будет подобрана соответствующая форма. Затем следует выбрать толщины плит.

По полученным данным, при помощи интерфейса SolidWorksAPI, можно построить трехмерную модель пресс-формы, а так же просмотреть ее массовые характеристики [4].

Пример заполнения БД ТПА представлен на рис.3.

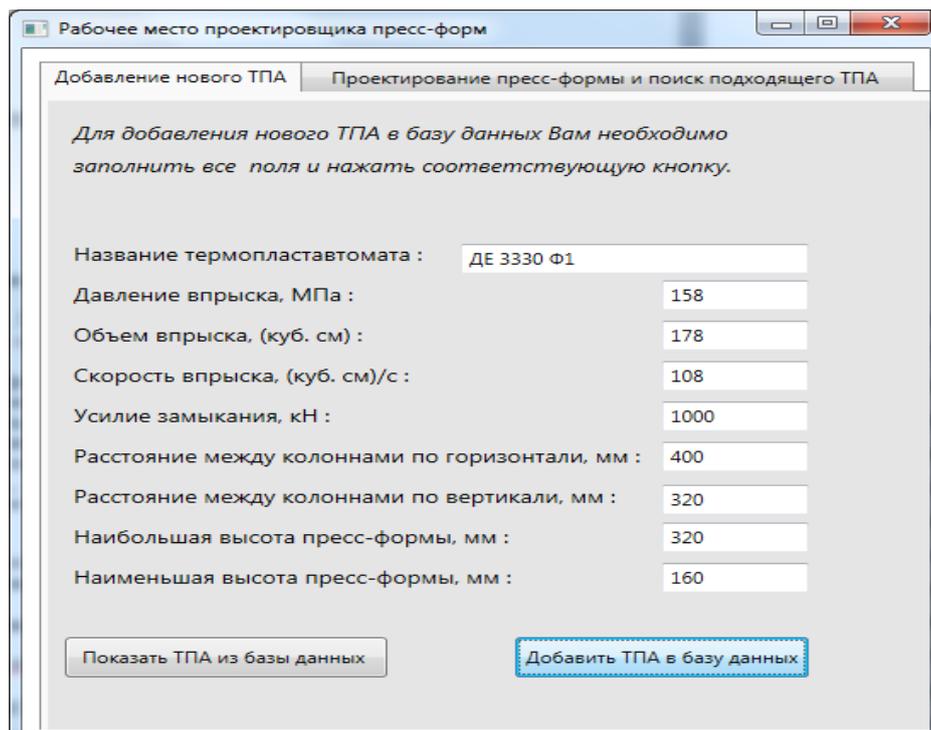


Рис. 3. Добавление пользователем нового ТПА в БД

На второй вкладке осуществляется проектирование подобранной пресс-формы по габаритам отливки, а так же пользователь выбирает толщины плит. Пример подобранной пресс-формы представлен на рис. 2.

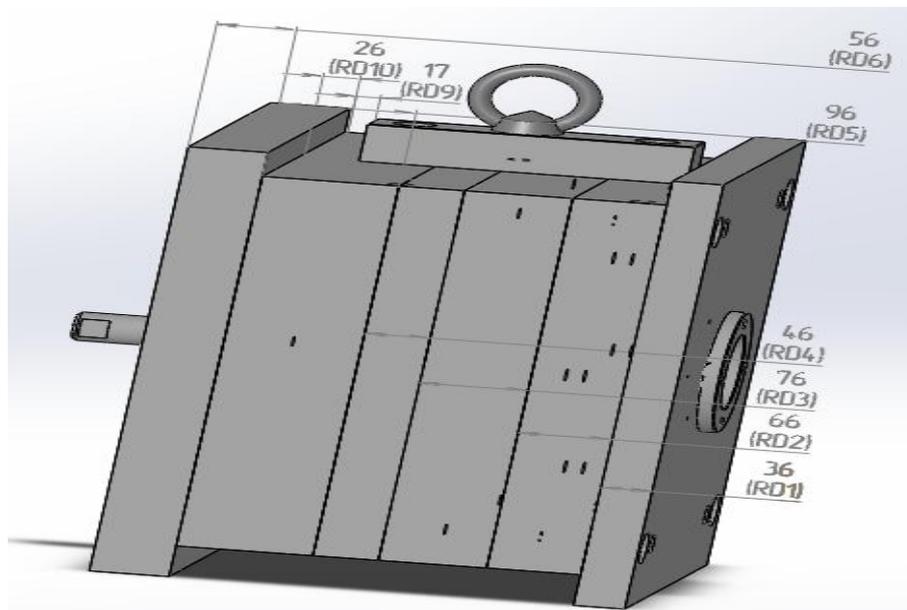


Рис. 2. Полученная трехмерная модель пресс-формы

После чего, у пользователя появляется возможность воспользоваться функцией просмотра массовых характеристик, полученной формы.

Далее, по параметрам формы подбирается подходящий ТПА, на котором может быть произведено изделие. Предоставляется возможность просмотра всех характеристик найденного оборудования (см. рис. 3).

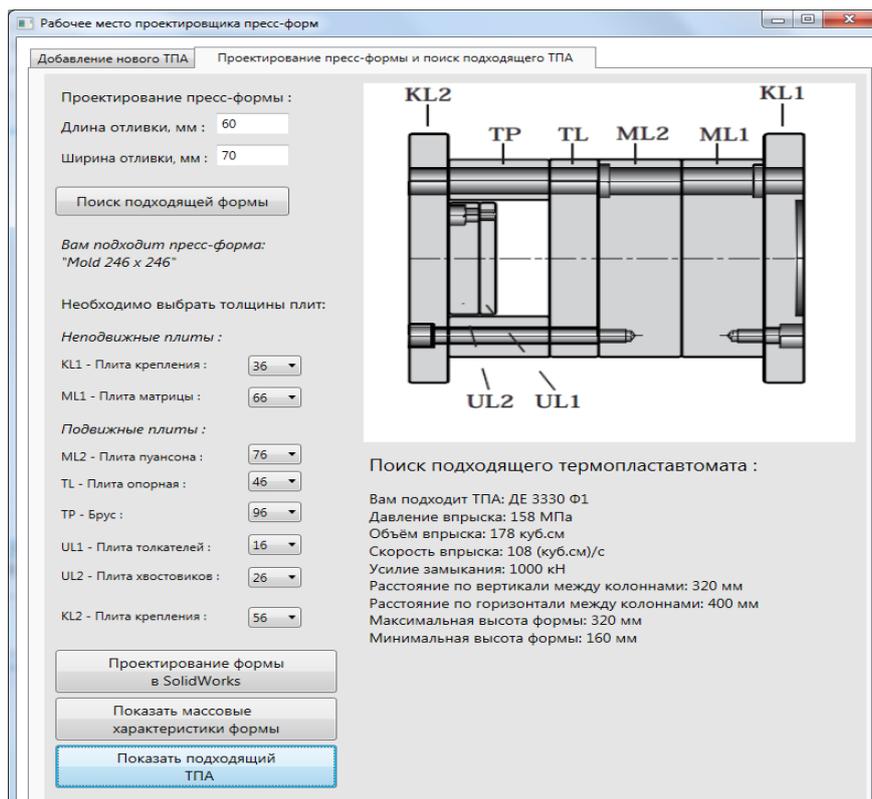


Рис.3. Определение подходящего ТПА

В результате проделанной работы была создана автоматизированная система, позволяющая конструктору быстро осуществлять подбор пресс-форм, осуществлять анализ массовых характеристик, проводить подбор ТПА под форму и добавлять новое оборудование в БД. Система обладает удобным и интуитивно-понятным интерфейсом, позволяющим быстро подобрать необходимую пресс-форму, с учетом места под систему охлаждения.

Список литературы

[1] ПластЭксперт – Виды литья пластмасс под давлением. Режим доступа: <http://www.e-plastic.ru/specialistam/litie-pod-davleniem/vidy-litya> (Дата обращения 7.02.2016)

[2] Pressbottle.ru – Проектирование пресс-форм. Режим доступа: [view-source:http://pressbottle.ru/proektirovanie_press_form-67.html](http://pressbottle.ru/proektirovanie_press_form-67.html) (Дата обращения 8.02.2016)

[3] ИцикБен-Ган, MicrosoftSQLServer2012.Высокопроизводительный код T-SQL.Москва, 2013, 256 с.

[4] АведьянА., Викентьев Е. SolidWorksAPI – универсальная платформа для интеграции инженерных и бизнес-приложений. САПР и графика. Сер. Машиностроение, 2006, № 6.

Карышев Андрей Анатольевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ak9105252055@yandex.ru

Дорохов Юрий Федорович - ассистент кафедры ЭИУ5-КФ «Системы автоматизированного проектирования». E-mail: dorohov.47@mail.ru

Багдшвили Андрей Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: band994@mail.ru

Ю.С. Белов, А.Н. Воронцов

АНАЛИЗ ЗАКОНА ОБ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение.

В связи с неоднозначной ситуацией во внешней политике, государство проводит множество преобразований во многих сферах. Одним из подобных преобразований является закон 188-ФЗ (Закон об импортозамещении)[1], который был принят в июле 2015 года. Он вызвал волнение среди ИТ-специалистов, поскольку закон был представлен таким образом, что создавал впечатление о том, что вся страна будет вынуждена использовать отечественное ПО. Однако, это не совсем так. Рассмотрим данный закон подробнее.[2]

Основные новеллы законодательства.

Это не самостоятельный закон, а закон о внесении изменений в Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»[3] и статью 14 Федерального закона «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».[4]

В первой статье говорится о том, что Федеральный закон от 27-го июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» необходимо дополнить статьей 12, которая носит название «Особенности государственного регулирования в сфере использования российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных».

Первый пункт статьи 1 сообщает о создании единого реестра российских программ для ЭВМ и баз данных (в дальнейшем документа реестр упоминается, как «реестр российского программного обеспечения»). Целями создания реестра указывается расширение использования российских программ и оказание государственной поддержки правообладателям программ. Это означает, что созданный реестр может нести следующие функции: рекламную(одобрено правительством) и быть источником ПО, если будет издан закон, указывающий на применение продукции исключительно отечественного производства.

Второй пункт статьи 1 гласит, что полное управление реестром, в том числе включение и исключение программных продуктов, формулирование условий включения ПО в реестр, порядок предоставления сведений о ПО, а также многое другое устанавливается Правительством Российской Федерации. Этот пункт предоставляет исключительное право на управление реестром Правительству, а значит, в случае каких-либо нарушений со стороны разработчиков, их ПО будет исключено из реестра. На данный момент не до конца ясно, какую роль будет играть наличие упоминаний о

разработчиках в реестре, однако при повышении значимости реестра, он может стать рычагом давления.

Третий пункт статьи 1 говорит о том, что в качестве оператора реестра российского программного обеспечения по решению уполномоченного федерального органа исполнительной власти может быть привлечена организация, зарегистрированная на территории РФ. Согласно этому пункту, вносить изменения в реестр может негосударственная организация, но исключительно по приказу государства, т.е. отдельного подразделения для работы оператором реестра создано не будет.

Четвертый пункт статьи 1 содержит информацию о том, что уполномоченный федеральный орган исполнительной власти утверждает классификатор программ в целях ведения реестра российского программного обеспечения.

Пятый пункт статьи 1 включает в себе требования для включения в реестр программ. Каждое требование сформулировано в отдельном подпункте.

Первый подпункт пятого пункта статьи 1 сообщает о том, что исключительное право на программу на территории всего мира должно принадлежать одному из следующих правообладателей: Российской Федерации, субъекту РФ, муниципальному образованию, российской некоммерческой организации (в которой иностранное лицо не может принимать решений), российской коммерческой организации (суммарная доля участия в которой всех перечисленных выше субъектов составляет более 50%), гражданину РФ. Поскольку реестр российского ПО, то иностранных лиц к публикации в нем не допустят.

Второй подпункт пятого пункта статьи 1 говорит, что программное обеспечение должно быть правомерно введено в гражданский оборот на территории РФ, а экземпляры программы, либо права использования, свободно реализуются на всей территории РФ. Программа должна быть зарегистрирована и быть доступной на территории РФ, просто иначе ее нельзя будет использовать и она будет неактуальна для реестра.

Третий подпункт пятого пункта статьи 1 сообщает, что общая сумма любых выплат иностранными лицами или предприятиям, находящимся под управлением иностранных лиц должна быть меньше 30% от выручки правообладателей программы, включая предоставление прав использования, независимо от вида договора за календарный год. Данный подпункт не позволяет российским компаниям под управлением иностранных лиц поместить сведения о продукции в реестре в обход законодательства.

Четвертый подпункт пятого пункта статьи 1 гласит, что сведения о программе не составляют государственную тайну и сведения, которые содержатся в программе, не составляют государственную тайну. Программы, которые используют спецслужбы, в реестре публиковаться не будут в целях национальной безопасности.

Шестой пункт статьи 1 оставляет за правительством Российской Федерации право установки дополнительных требований к программам, сведения о которых включены в реестр. Данный пункт предоставляет возможность оперативного изменения требований при выявлении недостатков.

Седьмой пункт статьи 1 говорит о том, что программы, сведения о которых были включены в реестр, признаются программами, происходящими из Российской Федерации. Данный пункт производит двойное впечатление. С одной стороны, компании, чей программный продукт получил подобный статус, могут использовать его как знак качества, возможно, что для них будут введены особые льготы. С другой стороны, другие государства могут применить санкционные методы воздействия на российские компании разработчиков и их программный продукт.

Десятый пункт статьи 1 оставляет за правообладателем программы обжаловать решение об отказе во включении программного обеспечения в реестр.

В статье 2 закона излагается новая формулировка части 3 статьи 14 Федерального закона от 5 апреля 2013 года № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». В данной формулировке указано, что нормативными правовыми актами Правительства Российской Федерации устанавливается запрет на допуск товаров, происходящих из иностранных государств, также установлен запрет на допуск работ и услуг, оказываемых иностранными лицами. Ограничен допуск услуг, работ и товаров для осуществления закупок. В случае если нормативными актами были предусмотрены обстоятельства, согласно которым возможен допуск исключения, то заказчики обязаны разместить в единой информационной системе (ЕИС) обоснование невозможности соблюдения запрета или ограничения. Подготовка и размещение запретов, ограничений в ЕИС, как и требования к содержанию устанавливаются Правительством Российской Федерации. Страна-производитель определяется законодательству Российской Федерации.

Статья 3 указывает время вступления закона в силу – 1 января 2016 года.

Выводы.

По первой статье можно сделать следующий вывод: создание реестра российского программного обеспечения – это не прямой, но вполне влиятельный рычаг воздействия на отечественных разработчиков. С одной стороны, он может выступать как средство мощной поддержки отечественного ПО со стороны государства (как рекламно-информационной, так и льготно-дотационной), а с другой – реестр может стать рычагом воздействия на отечественную IT-индустрию, причем как со стороны Правительства Российской Федерации, так и со стороны других государств (при помощи санкционной политики). На данный момент реестр уже создан, функционирует и общедоступен. На момент написания данной статьи в реестре уже содержится 242 отечественные программы.[5]

Вторая статья может ввести в заблуждение невнимательного читателя. После первого прочтения, возникает ощущение того, что в России на законодательном уровне запрещается использование иностранного программного обеспечения, с его заменой на отечественные аналоги. Однако, все совсем не так, необходимо обратить внимание на тот факт, что данная статья вносит поправку в закон № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», т.е. действует только для государственных и муниципальных органов власти. Также следует отметить тот факт, что речь идет не только о программном обеспечении, но и о других товарах и услугах. Кроме того, закон не вводит запрет, а лишь утверждает возможность введения запретов.

Более того, нет прямой связи между первой статьей, которая утверждает создание реестра российского программного обеспечения, и второй статьей, которая вводит возможность запрета на допуск товаров, происходящих из иностранных государств, а также запрет на допуск работ и услуг, оказываемых иностранными лицами.

Список литературы.

[1] Федеральный закон от 29.06.2015 г. № 188-ФЗ URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/39838> (Дата обращения 16.03.2016).

[2] Статья из блога Андрея Колесова URL: <http://www.pcweek.ru/gover/blog/gover/7829.php> (Дата обращения 21.03.2016)

[3] Федеральный закон от 27.07.2006 N 149-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2016) URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/ (Дата обращения 17.03.2016)

[4] Федеральный закон от 05.04.2013 N 44-ФЗ (ред. от 09.03.2016) "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд" URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (Дата обращения 19.03.2016)

[5] Заметка о запуске сайта реестра отечественного ПО URL: <https://roem.ru/11-01-2016/216399/reestr-start/> (Дата обращения 23.03.2016)

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru

Воронцов Антон Николаевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: anton.vorontsov1994@yandex.ru

К.Н. Солдатов, А.Е. Потапов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУППЫ ДИНАМИЧЕСКИ ЗАГРУЖАЕМЫХ СБОРОК В ПРОГРАММИРОВАНИИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

На сегодняшний день для удобства разработки программного обеспечения создано множество технологий. Одной из них является технология позднего связывания, подразумевающая использование объектов программирования, появляющихся в процессе работы ПО. Часто встречающимся механизмом, который используется данной технологией, является рефлексия (отражение) [1]. Он позволяет использовать содержимое сборок, загружаемых в процессе выполнения программы. Сборки при этом могут храниться в БД, на жестком диске или ином носителе.

Возможны ситуации, когда динамически загружаемые сборки имеют ссылки на ряд других дополнительных сборок, которые в свою очередь так же могут ссылаться на дополнительные библиотеки. В процессе выполнения программы поиск сборок, на которые имеются ссылки, осуществляется в домене приложения [2]. И при отсутствии в нем требуемых библиотек возникают ошибки выполнения программы. Поэтому для корректной работы в подобных случаях в домен приложения вместе с основной должны быть загружены все сборки, на которые имеются ссылки.

Для решения описанной проблемы может быть использован механизм организации внешних сборок и связей между ними. Две сборки являются связанными между собой, если одна из них имеет ссылку на вторую. Все связи являются направленными и имеют вид типа потомок – родитель, где потомком является ссылающаяся сборка. Библиотека, на которую имеется ссылка, так же может ссылаться на другую сборку, в результате структура приобретает вид цепочки из связанных библиотек. Так же сборка может иметь несколько ссылок, поэтому цепи могут обладать несколькими ветвями. Таким образом, вся структура имеет вид сети связанных между собой библиотек.

Для хранения подобной структуры удобно использовать БД, которая будет содержать библиотеки и их связи. Для их хранения потребуется две таблицы: первая для хранения сборок, а вторая сущность для хранения связей. Данные таблицы взаимодействуют по средствам двух связей типа «один ко многим». Первая определяет всех потомков конкретной библиотеки, т.е. все сборки, которые имеют ссылку на нее. Вторая указывает всех родителей, т.е. библиотеки, на которые ссылается данная сборка (см. рисунок 1).

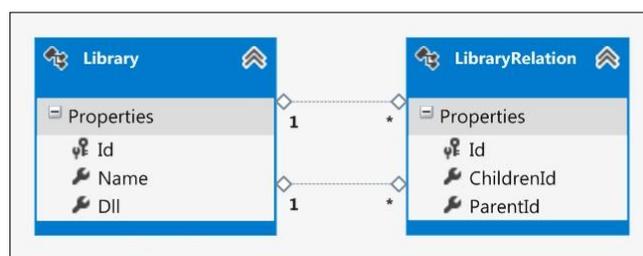


Рис. 1. ER-модель зависимости библиотек

Использование данного механизма заключается в загрузке набора библиотек в домен текущего приложения. Данное множество библиотек имеет вид дерева, корнем которого является основная библиотека, выполняющая целевую функцию. Поэтому для выделения всех библиотек из БД, подлежащих загрузке в домен для использования целевой сборки, можно использовать рекурсивный обход дерева [3].

При организации структуры в виде сети сборок возможно появление петель, которые приводят к бесконечным циклам. Они могут возникнуть в случаях, когда библиотека играет роль родительской сама для себя, или когда для данной библиотеки, в качестве родительской, устанавливается библиотека, напрямую или косвенно, ссылающаяся на нее. Во избежание подобных ситуаций требуется установка ограничения на создание связей. Управление связями осуществляется пользователем, поэтому данные ограничения можно установить на уровне пользовательского интерфейса.

Так же целесообразно установить ограничение на повторяющиеся связи. Библиотеки напрямую ссылаются на сборки, с которыми имеют непосредственную связь, и обладают косвенными ссылками, которые подразумевают связь со сборками через ряд других библиотек. Данное ограничение позволяет исключить повторные загрузки сборок в домен приложения, что предотвращает лишние затраты времени и памяти.

Для управления данным механизмом можно использовать простой визуальный интерфейс, позволяющий пользователю добавлять/удалять библиотеки и связи между ними (см. рисунок 2).

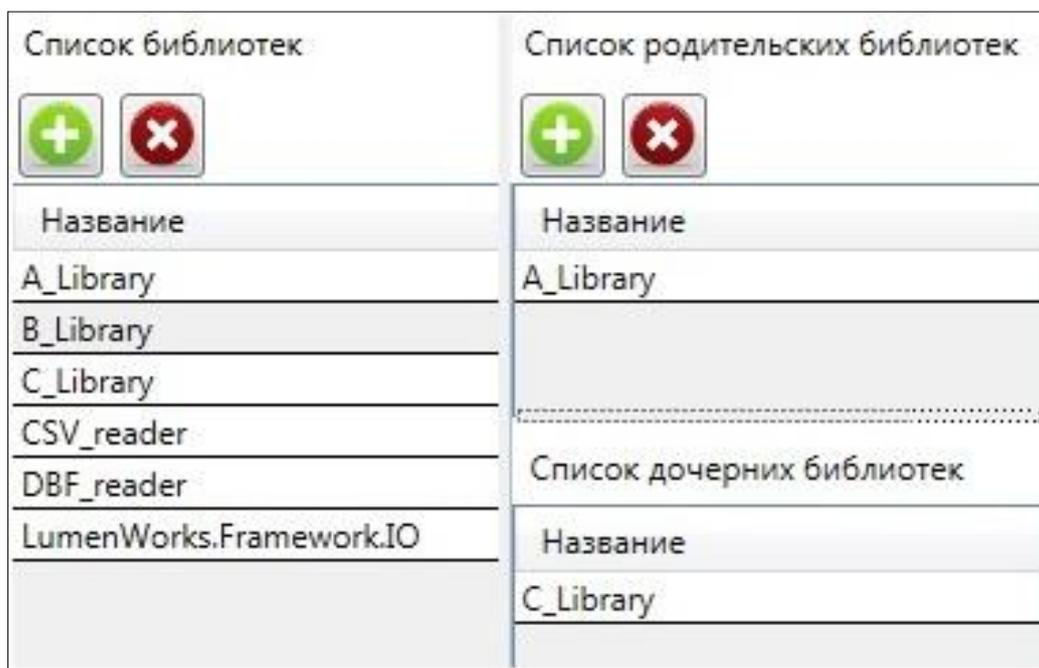


Рис. 2. Интерфейс для управления сборками и их связями

Интерфейс, предложенный на рисунке 2, содержит три таблицы с функциями добавления и удаления библиотеки и связей. Первая таблица содержит список имеющихся в БД сборок. При выборе библиотеки в первой таблице во второй отображается список библиотек, которые являются родительскими для выбранной. При добавлении во вторую таблицу еще одной библиотеки создается связь между добавляемой и выбранной в первой таблице библиотеками. Удаление связи происходит по средствам удаления библиотеки из родительской таблицы. Последняя таблица служит для отображения библиотек-потомков для библиотеки, выбранной в первой таблице.

В результате разработанный механизм позволяет использовать в программе группы связанных динамически загружаемых сборок, что повышает гибкость и универсальность приложения.

Список литературы

[1] *Рефлексия (C# и Visual Basic)*. URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms173183.aspx> (дата обращения 17.03.2016).

[2] Джеффри Рихтер. *CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 4.5 на языке C#*. Санкт-Петербург, Питер, 2016, 896 с.

[3] Новиков Ф.А. *Дискретная математика: Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения*. Санкт-Петербург, Питер, 2011, 384 с.

Солдатов Константин Николаевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Konstantin_Nikolaevich_91@mail.ru

Потапов Андрей Евгеньевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: potapov-ae@mail.ru

В.Е. Вершинин, А.К. Жуков

КЛАССИФИКАЦИЯ И СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ SQL-ИНЪЕКЦИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. В наше время различные информационные системы не только упрощают доступ к информации, но также и создают множество потенциальных проблем с безопасностью. Большинство хакеров выбирают своими целями базы данных, что обязывает разработчиков проектировать свои системы с учетом мер безопасности. Наиболее распространенным видом атаки на базы данных являются SQL инъекции. На данный момент существует несколько различных методов защиты от SQL атак, но одним из самых распространенных является использование систем обнаружения вторжений (IDS).

Система обнаружения вторжений (IDS) . Это программное или аппаратное средство, предназначенное для выявления фактов неавторизованного доступа, занимающееся анализом использования вверенных ему ресурсов и, в случае обнаружения каких-либо подозрительных или просто нетипичных событий, способно предпринимать некоторые самостоятельные действия по обнаружению, идентификации и устранению их причин.

Базовые принципы SQL атаки. SQL-инъекция — это атака, направленная на веб-приложение, в ходе которой конструируется SQL-выражение из пользовательского ввода путем простой конкатенации. Смысл данной атаки заключается в нахождении и использовании ошибки разработчика на стыке двух сред - web и SQL. При обработке данных, приходящих от пользователя, большинство используемых скриптов на основании этих данных формирует запрос к базе. При отсутствии различных проверок и должной защитной фильтрации, очень легко получить доступ к базе путем подмены ожидаемых данных на код взломщика. В случае успеха, атакующий может изменить логику выполнения SQL-запроса так, как это ему нужно. Чаще всего он выполняет простой сбор информации о СУБД, а также извлекает таблицы с наиболее «интересными» именами (например «users»). После этого, в зависимости от привилегий, с которыми запущено уязвимое приложение, он может обратиться к защищенным частям бэк-энда веб-приложения (например, прочитать файлы на стороне хоста или выполнить произвольные команды).

Процесс проведения SQL инъекции. SQL атаки могут выполняться вручную или происходить с использованием различных программных утилит (например sqlmap), и в обоих случаях этот процесс можно разделить на четыре основных этапа:

- Обнаружение возможности сделать SQL инъекцию кода.
- Проверка потенциальной уязвимости на возможность дальнейшей эксплуатации.

- Получение информации.
- Получение доступа к системе.

Классификация SQL-инъекций. Всего существует пять основных классов инъекций:

- Инъекции, производимые с помощью оператора Union (Union-based). Классический вариант внедрения SQL-кода, когда в уязвимый параметр передается выражение, начинающееся с «UNION ALL SELECT». Этот метод работает, когда веб-приложение напрямую возвращает результат вывода команды SELECT на веб-страницу (без разницы, включен вывод ошибок или нет).
- Инъекции, основанные на вызове ошибок (Error-based). Если использовать UNION не получается (нет колонки для вывода или инъекция находится в запросах UPDATE, INSERT или DELETE), то можно вывести данные из базы искусственно вызывая ошибки. В этом случае нужно заменить или добавить в уязвимый параметр синтаксически неправильное выражение, после чего обработать отчет об ошибке, в котором содержалась бы заранее известная инъецированная последовательность символов и вывод интересующего взломщика результата подзапроса. Эта техника работает только тогда, когда веб-приложение по каким-то причинам (чаще всего в целях отладки) выводит ошибки СУБД.
- Инъекции, основанные на последовательных запросах (Stacked queries injection). Если обнаруживается, что веб-приложение поддерживает и выполняет последовательные запросы, то можно добавить в уязвимый параметр HTTP-запроса точку с запятой (;) и следом внедряемый SQL-запрос. Этот прием в основном используется для внедрения SQL-команд, отличных от SELECT, например, для манипуляции данными (с помощью INSERT или DELETE).
- Слепые инъекции, основанные на булевых выражениях (Boolean-based blind injection). Этот метод работает, когда данные из БД в «чистом» виде никуда не возвращаются. Прием также называется дедуктивным. Производится добавление в уязвимый параметр HTTP-запроса синтаксически правильно составленного выражения, содержащего подзапрос SELECT (или любую другую команду для получения выборки из базы данных). Для каждого полученного HTTP-ответа выполняется сравнение с ответом на изначальный запрос — таким образом, символ за символом можно определить вывод результата внедренного SQL-выражения. В качестве альтернативы атакующий может использовать строку или регулярное выражение для определения «true»-страниц.
- Полностью слепые инъекции, основанные на временных задержках (Time-based blind injection). Данный метод используется если веб-

приложение не возвращает никакого результата и нельзя выяснить, что будет true, а что false. В этом случае к алгоритму слепой инъекции добавляется подзапрос, который приводит к паузе работы СУБД на определенное количество секунд (например, с помощью команд SLEEP() или BENCHMARK()). Используя эту особенность, можно посимвольно извлечь данные из БД, сравнивая время ответа на оригинальный запрос и на запрос с внедренным кодом.

Способы предотвращения SQL-инъекций. Хотя решение во многом зависит от конкретного языка программирования и СУБД, все же общие принципы предотвращения SQL-инъекций схожи. Вот несколько примеров как это можно сделать:

- Фильтрация строковых и целочисленных параметров.
- Использование хранимых процедур
- Автоматическое определение зарезервированных SQL-слов в тексте и последующая блокировка IP адреса.
- Отключение сообщений об ошибках
- Использование параметризованных запросов
- Использование принципа наименьших привилегий при предоставлении доступа к базам данных
- Использование автоматизированных средств нахождения SQL-инъекций

Список литературы

[1] Журнал «Хакер»: Статья «Sqlmap: SQL-инъекции — это просто». URL: <https://xaker.ru/2011/12/06/57950/>

[2] Mengbiao, liujunjing, “SQL infusion attack of classification defense model of research”, Information technique with standardize, Vol.11, November 2008.

[3] Xue Yuchun, Huang Dong, “A new method to prevent SQL injection attacks ”, Computer knowledge and technique, Vol.1, pp12-122, January 2011.

Вершинин Владислав Евгеньевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: goliathonline@mail.ru

Жуков Антон Константинович – ассистент кафедры КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ant_it@mail.ru

С.В.Сайкин, Н.А. Борсук

ОБРАБОТКА КАРТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ВЫВОДОМ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО РЕГИОНАМ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В современном обществе информация является самым важным ресурсом, а иногда даже и орудием. Эта информация может изменяться, может появляться новая или удаляться старая. Человек уже не в состоянии запомнить всю информацию, которую он получает в огромных количествах. Именно поэтому важно иметь какой-либо «справочник», в котором можно найти то, что необходимо на данный момент.

Одним из таких источников информации являются карты. Если необходимо узнать месторасположение какого-то объекта и проложить к нему путь, то могут помочь интерактивные карты, такие как Google Maps и Яндекс Карты. Однако иногда возникает необходимость не в поиске месторасположения объектов на карте, а в получении какой-либо информации об этом объекте. Например, узнать количество школ, больниц или других объектов в каком-то определенном регионе, либо получить полную информацию о любом из этих объектов на одном и том же ресурсе.

Поставленной задачей является анализ карты Российской Федерации с возможностью выбора региона РФ, его дальнейшей детализации и вывода необходимой текстовой информации.

Для человека графическая информация воспринимается лучше текстовой. В качестве информации в данном проекте будет выводиться: Название региона (района), его население и площадь (список может дополняться в зависимости от необходимой информации). Сначала открывается карта России, разбитая на регионы. При наведении на регион должна отображаться информация о нем. При нажатии на регион должен происходить переход к карте региона, информация о районах должна выводиться тем же способом.

Так как реализация данной задачи будет происходить в сети Интернет, то для ее выполнения понадобятся знания в программировании веб-страниц. Стандартный набор разработчика веб страниц – HTML, JavaScript, CSS. В дополнении ко всему этому присоединяется и серверная PHP часть. Для создания карты и вывода на экран информации о регионе хорошо подойдет «карта-изображение», в которой находятся координаты областей. Для хранения информации лучше всего использовать базу данных. Это позволит быстро получать доступ к информации и осуществлять запросы.

Самое начало создания карты – создание контейнеров для карты и информации. Код:

```

<div id="MapArea" style="position:absolute;left:0;top:0;z-index:2;width:1600;
height:800">
</div>
<div id="MapAll" style="position:absolute;left:0;top:0;z-index:-
1;width:2000;height:800">
</div>
<div id="infa" style="position:fixed;right:0;top:0;width:400;height:800;z-
index:1"><font align=center><h1>Карта России<br></h1></font></div>
<div id="Pic" style="position:absolute;left:0;top:0;z-index:0;width:1600;
height:800;"> </div>

```

В первом контейнере содержится пустое изображение с подключенной картой "maps". Это нужно для того, чтобы контейнер для вывода информации не перекрывал возможность выбора региона под собой. Вторым контейнером – само растровое изображение с картой. Третий контейнер – контейнер для вывода информации. В четвертый контейнер, при наведении на регион, помещается изображение данного региона, но другого цвета.

Карта-изображение создается после этих контейнеров. Код:

```

<map id="maps" name="maps">
<area shape="poly" coords=
"204,244,207,237,215,238,219,243,217,247,213,250,208,250, 203,244,203,243"
href="" onmouseover="RussiaH('0')" onmouseout="RussiaH('0')"> </map>

```

Здесь приведен лишь 1 регион, т.к. нет необходимости показывать идентичный код. У карты есть "id", с помощью которого эта карта присоединяется к изображению. В тег "area" записывается тип области (многоугольник в нашем случае), координаты области (записываются попарно x1,y1,x2,y2...), ссылка (при нажатии переходит на заданный адрес) и два события, при наведении на область и при выходе из области. Остальные регионы записываются таким же образом.

Для организации работы страницы без ее перезагрузки может быть использован AJAX — подход к построению интерактивных пользовательских интерфейсов веб-приложений, заключающийся в «фоновом» обмене данными браузера с веб-сервером. В результате, при обновлении данных веб-страница не перезагружается полностью, и веб-приложения становятся быстрее и удобнее [1]. Подключается AJAX таким способом:

```

<script
src="http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.9.1/jquery.min.js"></script>

```

Функция, которая выделяет регион и отправляет AJAX запрос на сервер:

```
function RussiaH(ID){
if(document.getElementById("Pic").innerHTML!=" "){
document.getElementById("infa").innerHTML="<font
align=center><h1>Карта России <br></h1></font>"
document.getElementById("Pic").innerHTML=" "
}else{
$.ajax({
type:'POST',
url:'ajaxphp.php',
dataType:'json',
data:"param="+JSON.stringify(ID),
success:function(html) {
document.getElementById('infa').innerHTML=html }});
document.getElementById("Pic").innerHTML="<img
style='width:1600; height:800'>" } }

```

После выполнения запроса информация появляется на странице.

Код серверной части:

```
<?php
if($_POST['param']){
    $param = json_decode($_POST['param']);
    $db = new SQLite3('DB.sqlite');
    if(!$db){
        exit('ERROR');}
    $result = $db->query("SELECT * FROM Regions WHERE ID = $param ");
    $Name = $result->fetchArray();
    $str="<font align=center><h1>$Name[1]<br></h1></font><br>Население:
$Name[2] чел.<br>Площадь: $Name[3] км2'\n";
    echo json_encode($str);
exit();}?>

```

Итак, в данной статье рассматривается задача разбивки графической карты России с возможностью вывода основной информации о конкретном регионе (районе). В дальнейшем к данной разработке может быть добавлена дополнительная информация, например, выведение списка школ в районе, возможность выбора школы и просмотра информации о ней и другое.

Список литературы

[1] [Электронный ресурс] AJAX. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AJAX> (дата обращения 14.03.2016)

Сайкин Сергей Вячеславович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: saikinry@ya.ru

Борсук Наталья Александровна - канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: borsuk.65@yandex.ru

К.Н. Солдатов, А.Е. Потапов

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБНОВЛЕНИЯ ЧАСТО МЕНЯЮЩЕГОСЯ НАБОРА ДАННЫХ В БД

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Многие современные организации в своей работе используют информационные системы, работа которых заключается в выполнении операций над данными. Источниками данных могут являться другие системы – поставщики данных. В результате БД информационной системы может хранить в себе наборы данных, поступающих из различных систем. Со временем данные каждого поставщика модифицируются, и для поддержания актуальности данных в систему поступают обновленные наборы данных от систем-поставщиков. В связи с этим возникает задача обновления данных. Самым простым способом обновления является полная замена набора данных, что подразумевает удаление всех данных для указанной системы-поставщика и загрузка вновь поступившего набора данных. В ряде случаев работа системы подразумевает частое поступление новой информации, что приводит к необходимости постоянного обновления данных в БД. В этом случае может возникнуть ряд проблем, таких как большие временные затраты на операции удаления и загрузки данных, быстрый рост файла лога транзакций при частом выполнении указанных операций, это влечет за собой затраты памяти на жестком диске сервера БД и рост нагрузки на СУБД, что снижает быстродействие системы.

В поступающих обновленных наборах данных не все записи могли быть подвергнуты модификации. Это означает, что часть записей не изменили своего значения и их перезаписывание является бесполезной операцией, на которую тратится машинное время и прочие ресурсы системы при выполнении обновления путем полной замены данных. Следовательно, для оптимизации данного процесса необходимо перезаписывать только изменяющуюся информацию, что позволит сэкономить ресурсы системы.

Простым примером структуры хранения данных могут быть две таблицы со связью «один ко многим» [1]: `DataProvider`, предназначенная для хранения списка систем-поставщиков данных, и `Record`, используемая для хранения всех поступающих данных. Но в общем случае в БД данные одного поставщика могут храниться в нескольких таблицах `Extension`, имеющих связь с основной таблицей `Record`, в которой ведется учет хранимых записей (см. рисунок 1). В связи с этим, прямое сравнение данных из БД и поступающего обновления может быть затруднено. Поэтому наиболее рациональным подходом является сравнение хеш-значений записей [2].

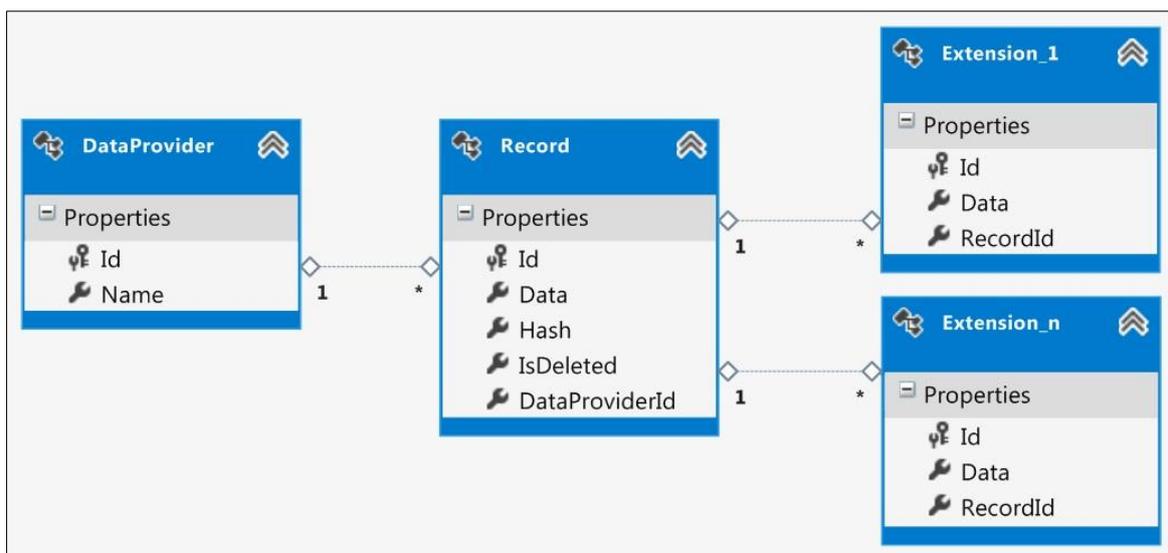


Рис. 1. Пример структуры БД, предназначенной для хранения информации систем-поставщиков

Хеш-значение каждой записи должно храниться в таблице Record в поле Hesh. Вычисление этого значения необходимо выполнять перед загрузкой данных в БД от значимой части записи, которая может меняться при поступлении обновлений. В результате, при появлении новых данных, можно будет определить, какие из записей подверглись изменениям.

Из обновления необходимо выделить множество записей, которые являются новыми, путем сопоставления их хеш-значений хеш-значениям записей из БД для данного поставщика. Новыми будут являться те записи, для которых не нашлось соответствия, их необходимо будет записать в БД. Затем из набора записей в БД для данного поставщика необходимо выделить множество данных утративших актуальность. Для этого в соответствие их хеш-значениям необходимо поставить хеш-значения из обновлений. Записи, соответствия для которых не будут найдены, подлежат удалению.

Одной из ресурсоемких операций является удаление, поэтому целесообразно заменить физическое удаление записей на логическое. Для этого в таблице записей Record выделено поле IsDeleted, принимающее значение типа bit (см. рисунок 1). Если установлено значение 0, то запись считается актуальной и может быть использована, при логическом удалении значение меняется на 1, это означает, что запись утратила актуальность и более не используется в работе системы. Данный метод позволяет избежать частого выполнения операции удаления.

В процессе работы системы в БД будет происходить накопление логически удаленных данных. Однако при небольших изменениях в записях их доля будет незначительной и сможет достичь значимой величины только через большой промежуток времени: несколько месяцев, год или более. При достижении такой величины будет необходимо выполнить физическое удаление данных. Но к этому моменту количество записей может дос-

тигнуть больших значений, поэтому для операции удаления потребуется затратить много ресурсов. Более быстрым способом является удаление не отдельных записей, а всей таблицы с предшествующим копированием актуальных данных.

Вначале создаются таблицы идентичные по структуре с удаляемыми, в них копируется все актуальные записи, для которой поле IsDeleted имеет значения 0. Удаление целых таблиц может повлечь нарушение целостности БД [3], поэтому прежде необходимо удалить ограничения целостности, затем выполнить удаление с помощью команды drop. После этого временным таблицам с актуальными данными присваиваются имена удаленных. И для восстановления целостности БД создаются удаленные ограничения.

В случае частого поступления обновлений данных, с малой долей изменяемых записей, данный подход имеет преимущество перед полной заменой набора данных для конкретного поставщика. Он позволяет оптимизировать процесс обновления данных путем значительного сокращения количества выполняемых операций и затрачиваемых на них ресурсов информационной системы.

Список литературы

[1] Ицик Бен-Ган. *Microsoft SQL Server 2012. Основы T-SQL*. Москва, Эксмо, 2015, 400 с.

[2] Джулиан М. Бакнелл. *Фундаментальные алгоритмы и структуры данных в Delphi*. Санкт-Петербург, Питер, 2006, 560 с.

[3] Осипов Д.Л. *Базы данных и Delphi. Теория и практика*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2011, 752 с.

Солдатов Константин Николаевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Konstantin_Nikolaevich_91@mail.ru

Потапов Андрей Евгеньевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: potapov-ae@mail.ru

И.А. Косенков, Ф.А. Плотников

ОСНОВНЫЕ АЛГОРИТМЫ И ПРАВИЛА РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ АКТИВНОСТЕЙ НА КОМПЬЮТЕРАХ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Упрощенный алгоритм системы – это работающий клиент, который запускается автоматически при включении компьютера, причем если на одном компьютере запустилось несколько учетных записей он должен быть активным на каждой из них. В течении работы системы клиент собирает необходимую информацию об активных приложениях и записывает ее во временный файл, который в дальнейшем будет передан на сторону сервера, где будет обработан и записан в базу данных. Также данный клиент должен отслеживать бездействие пользователя.

Эта система должна иметь клиент-серверную архитектуру и включать следующие модули:

- Сервер (SvServer).
- Клиентский модуль (SvClient).
- База данных (DataBase).
- Утилит администратора (Utils)[1].

Для корректной работы автоматизированной системы необходимо сформулировать ряд требований, которые позволят обеспечить ее надежность и безопасность.

Во-первых, сбор информации должен проходить в автоматизированном режиме, а не по кнопкам «Старт/Стоп», то есть когда пользователь переключается между приложениями, клиент должен распознавать их и автоматически записывать время их активности.

Во-вторых, для точности подсчетов времени необходимо разработать профили, к которым будут относиться приложения, а также разбить программы на категории. Например, для профиля «Начальник» и «Работник» могут существовать категории «Коммуникации», «Разработка» и «Анализ», к каждой из категорий могут относиться разные приложения, в зависимости от профиля.

В-третьих, необходимо обеспечить синхронизацию времени на клиенте и на сервере, что является основным моментом. Чтобы не зависеть от настроек времени - время на клиенте необходимо считать по тактам, такой механизм является наиболее точным и позволит сохранить работоспособность даже если осуществиться перевод времени либо другой сбой. На сервере информация будет обработана и отчет по времени будет дан в привычной форме (чч:мм:сс).

В-четвертых, необходимо обеспечить сбор достоверной информации с клиента и разработать технологию сетевого взаимодействия, при которой на клиенте будет сохраняться только временная (текущая) информация, которая через определенные промежутки времени (зависит от настроек клиента) будет передана на сервер, где и будет храниться.

Данная система должна сохранить свою работоспособность даже при отсутствии подключения к сети (обрыв кабеля, системные неполадки). Для этого клиент должен записывать информацию во временный файл, после чего он будет передан на сервер, когда появится соединение с сетью.

Исходя из этих требований были разработаны следующие алгоритмы работы системы.

Сервер – один из наиболее важных компонентов системы. С одной стороны, он обеспечивает связь с клиентом, с другой он разбирает полученную информацию и записывает ее в базу данных. С клиентом сервер общается по средствам WCF сервисов. Схема работы сервера приведена на рисунке 1.

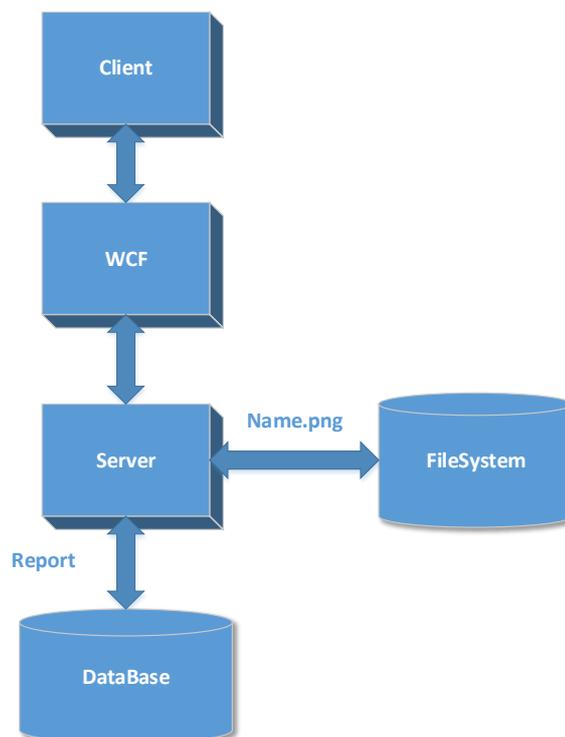


Рис. 1. Схема работы сервера

Клиент выполняет функцию сбора данных, он собирает необходимую информацию о пользователе – список процессов, время работы активных окон, снимки экрана, записывает все это в отчет и передает их на сервер.

Схема работы клиента представлен на рисунке 2:

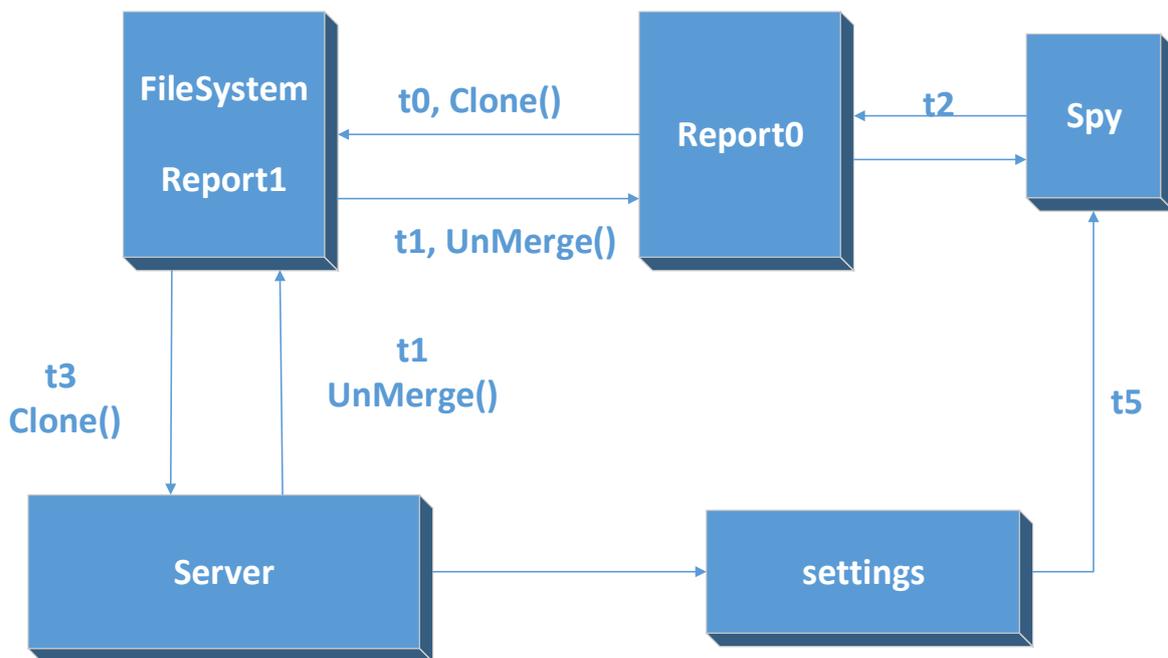


Рис. 2. Схема работы клиента

Система работает с использованием четырех потоков:

- captureReportWorker – поток, позволяющий непрерывно записывать данные в отчет.
- updateSettingsWorker – поток, который считывает актуальные настройки с сервера и передает их на клиент.
- saveReportWorker – поток, позволяющий клонировать отчет и сохранить его в файловую систему.
- sendReportWorker – поток, позволяющий отправлять отчет на сервер.

Это необходимо, так как все действия выполняются асинхронно, с одними и теми же данными: Report(отчет) и Settings (настройки).

Алгоритм работы системы:

- Клиент (TheSpy) через строго определенные промежутки времени (t_2 , по умолчанию это значение 0.5 с) снимает данные о процессах и обновляет отчет (Report0), данный процесс не прерывается.
- Периодически (время t_0) данный отчет (Report0), клонируется для записи в файловую систему, но за время записи Report0 обновится, поэтому, для обеспечения сохранности данных та часть, которую успешно удалось сохранить на диск, отсоединяется от отчета Report0 (метод UnMerge). В то же время, клиент продолжает обновлять данные в отчете. Таким образом в файловой системе создается один файл-отчет, куда со временем дописывается информация клиентом (метод Merge).
- Через определенный промежуток времени (t_3) происходит клонирование отчета (Report1), который находится в файловой системы, для передачи его на сервер. После того, как отчет будет отправлен на

сервер, та часть, которая успешно передана, будет отсоединена от отчета Report1 посредством метода UnMerge().

- Также через определенные промежутки времени (t5) осуществляется проверка актуальных настроек. Если настройки на сервере отличаются от настроек на клиенте, то они будут перезаписаны. В случае если сервер не доступен, то клиент будет осуществлять работу по базовым настройкам. Так как настройки по умолчанию позволяют обеспечить оптимальную работу клиента, до того момента, пока связь с сервером не будет установлена, другие настройки, могут привести к переполнению памяти и утере данных.

Описанная система удовлетворяет всем поставленным требованиям и выполняет все требуемые функции, были разработаны алгоритмы, которые позволяют обеспечить корректную работоспособность системы.

Список литературы:

[1] Плотников Ф.А., Косенков И.А. Материалы Всероссийской научно-технической конференции НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРО - И МАШИНОСТРОЕНИИ И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ Проблема учета времени работников на современных предприятиях. Калуга, КФ МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2015, 234с.

Косенков Иван Алексеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: kosenkov.ia@gmail.com

Плотников Федор Алексеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры "Системы автоматизированного проектирования" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: blackdef@bk.ru

Е.В. Короткова, Е.В. Вершинин

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЗАЩИТЫ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В настоящее время беспроводные сенсорные сети являются важным направлением развития телекоммуникационных технологий. БСС нашли широкое применение в различных сферах деятельности человека.

В тоже время БСС не лишены недостатков. Один из ключевых вопросов - это эффективное использование аккумуляторных батарей. Другим, не менее важным вопросом, является защита передаваемых данных. В данной статье будут рассмотрены основные методы снижения энергопотребления, а так же разновидности атак на БСС и контрмеры, которые могут быть предприняты для защиты передаваемых данных.

Введение. Беспроводная сенсорная сеть (БСС) — это динамическая сеть, состоящая из множества датчиков и исполнительных устройств, объединенных между собой через радиоканал. БСС основаны на стандарте ZigBee.

БСС используются в системах реального времени, где любые временные задержки являются критическими. Эти сети активно применяются в военной промышленности, медицине и в области сельского хозяйства. На БСС строятся: системы сигнализации и безопасности, системы диспетчеризации и контроля качества, устройства медицинской диагностики пациентов, системы учета водоснабжения и отопления и т.д.

БСС, согласно ZigBee/802.15.4, состоят из оконечных устройств (узлов), одного координатора, который управляет всей сетью и собирает информацию о ней, и маршрутизаторов, которые принимают данные с датчиков и координируют передачу этой информации в пределах небольшой области. Обычно координатор подключен к стационарному источнику питания и к шлюзу. Узлы и маршрутизаторы имеют автономные источники питания.

БСС состоит из узлов, способных принимать, хранить и передавать информацию об окружающей среде. Каждый узел состоит из пяти частей:

- датчик (один или несколько) - необходим для контроля за внешней средой;
- микропроцессор - необходим для локальной обработки информации;
- коммуникационное аппаратное обеспечение - необходимо для передачи информации;
- блок питания с ограниченной емкостью;
- память.

В дополнение к этим основным элементам, узел так же может включать систему определения местоположения.

Стек ZigBee поддерживает следующие топологии: точка-точка, звезда, кластерное дерево, многоячейковая сеть.

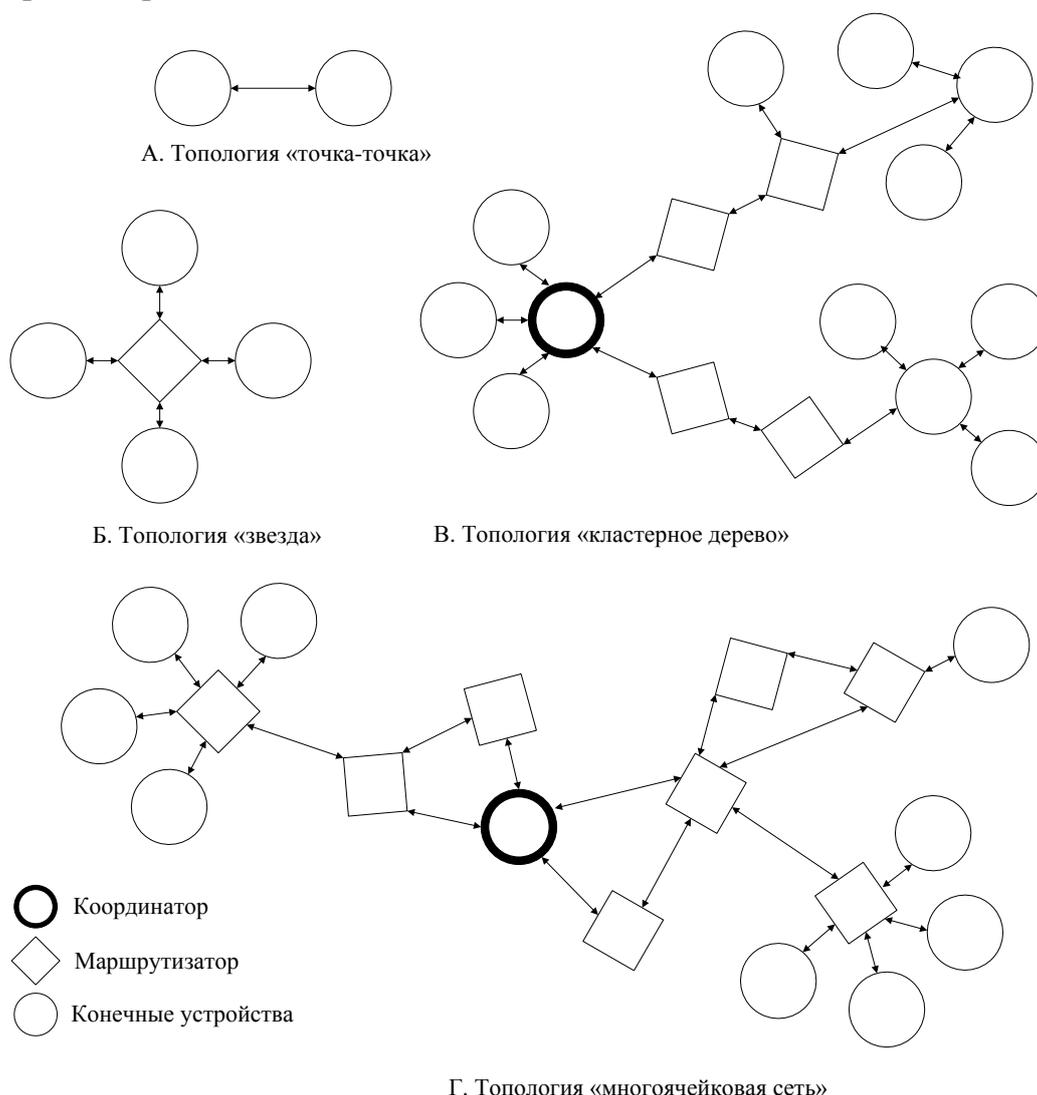


Рис. 1. Топологии сети

Проблемы энергоэффективности. Большая часть энергии потребляется центральным процессором и коммуникационным оборудованием.

Узел питается от батареи, заряжать которую в определенных ситуациях достаточно трудно или даже невозможно. Таким образом, можно сделать вывод, что от того, как долго прослужит источник питания, зависит время жизни узла БСС. Однако некоторые узлы могут получать энергию из внешней среды, они снабжаются солнечными батареями или устройствами для преобразования механических колебаний в электроэнергию. Но для любого узла БСС актуальна проблема энергоэффективности. Таким образом, одна из основных проблем в БСС состоит в том, как продлить срок службы датчиков без снижения эффективности работы сети.

Для решения данной проблемы были созданы энергосберегающие протоколы, чтобы минимизировать потребление энергии во время работы

сети, и схемы управления питанием – для оптимизации физической реализации узла (совершенствование технологий изготовления кристаллов и минимизация токов утечки).

Узел может находиться в одном из двух режимов: активации или сна. Узлы переключаются между режимами на основе деятельности сети и такое поведение известно под названием рабочего цикла. Рабочий цикл может определяться как отношение времени активности узла ко всему сроку службы.

Уменьшить рабочий цикл можно двумя способами. Первый подход состоит в уменьшении числа узлов, участвующих в переадресации и маршрутизации пакетов - это гарантирует, что узлы, в настоящее время не нужные для передачи, будут спать. Опытным путем доказано[1], что схема контроля топологии уменьшает энергопотребление в два раза. Вторым подходом состоит в использовании MAC протоколов TRAMA[2], ВМАС[3] и ZMAC[4], использующих схемы планирования пробуждения.

Схемы планирования пробуждения:

- По требованию: узел должен просыпаться только тогда, когда другой узел должен передать ему данные. Для этого вводится дополнительная маломощная «сигнальная» сеть.
- По графику: все узлы просыпаются одновременно в соответствии с графиком, а потом засыпают на запланированный период.
- Случайное: каждый узел просыпается в случайный момент времени.

При передаче данных энергии затрачивается больше, чем при обработке данных. Результаты нескольких экспериментов показывают[5], что стоимость передачи одного бита информации эквивалентна стоимости, которая требуется для выполнения тысячи операций. Поэтому большинство алгоритмов сокращения энергопотребления основаны на уменьшении объема передаваемых данных.

Сжатие данных подразумевает кодирование информации на узле источнике и декодирование на приемнике.

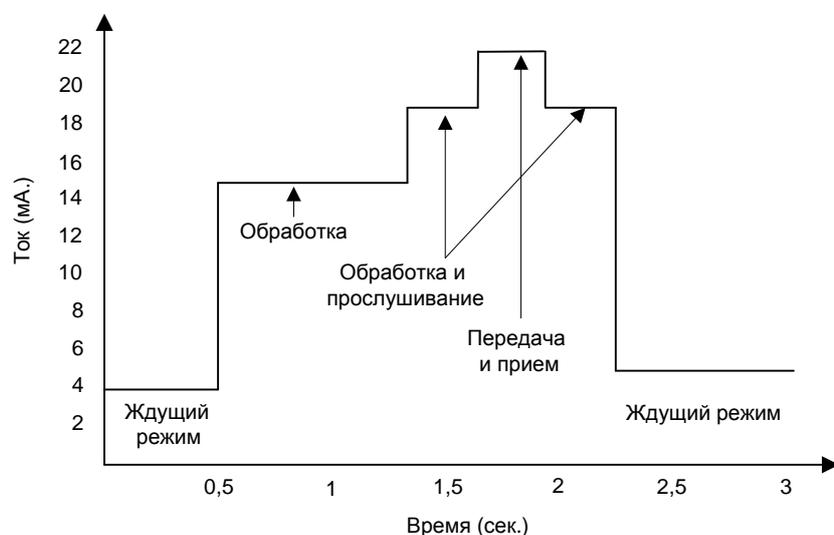


Рис. 2. График потребления тока узлом

Для снижения энергопотребления введено несколько схем сбора данных:

- Иерархический подход: узлы должны быть оснащены различными типами датчиков. Каждый датчик характеризуется своей собственной точностью и потреблением энергии. Система автоматически определяет, какой датчик активировать, для того, чтобы получить компромисс между точностью и энергопотреблением.
- Адаптивный подход: рассчитывается объем данных для передачи и доступный заряд батареи узлов, в итоге выбирается маршрут по узлам с наибольшим зарядом батареи.
- Агрегация данных: один из узлов участка сети становится агрегатором. Когда координатору нужно получить усредненные показатели с определенного участка сети, он обращается к агрегатору, который в свою очередь собирает данные со всех ближайших узлов, обрабатывает их и отправляет координатору. Таким образом, затраты энергии на передачу информации намного ниже, чем когда каждый узел отправляет свои показатели координатору.

Так же используются различные схемы, минимизирующие количество замеров, которые нужно взять с датчиков.

Проблемы защиты данных. Основные виды атак:

- DoS. Злоумышленник разворачивает вредоносный узел с мощным радиопередатчиком – это позволяет глушить коммуникации в сети.
- Модификация и подмена маршрутной информации. В БСС протоколы маршрутизации принимают решение о построении маршрутов в сети на основе информации, получаемой от соседних узлов. Вредоносный узел может рассылать сообщения маршрутизации, убеждая все соседние узлы, что он является наилучшим узлом для последующей передачи пакета на базовую станцию. Это позволяет ему стать концентратором и собирать пакеты, идущие к базовой станции.
- Выборочная пересылка данных. Вредоносный узел, включенный в сеть, может отбрасывать все проходящие через него сообщения или пропускать только определенные.

Единственным способом защиты от DoS атаки с созданием радиопомех является обнаружение базовой станцией этих помех и дальнейшее физическое устранение их источника.

Одним из полезных шагов, которые могут быть приняты для предотвращения атак, может стать шифрование. Узлы могут совместно с базовой станцией использовать общий ключ, и поток данных может быть аутентифицирован. При этом важно использовать эффективные криптографические схемы. Преимущество открытого ключа: ключи на каждом узле уникальны, недостаток: большие энергетические затраты на вычисление и передачу ключа. Преимущество секретного ключа: небольшие энергетические затраты, недостаток: при взломе одного из узлов злоумышленник по-

лучает общий для всей сети ключ. Чаще всего используются методы с секретным ключом.

Еще одним методом защиты является установление базовой станцией ограничения на количество узлов, с которыми узел может обмениваться информацией.

С ограниченной мощностью и памятью узла, безопасность для сенсорных сетей является открытым вопросом.

Вывод. Не смотря на очевидные преимущества беспроводных сенсорных сетей и открывающиеся перспективы их использования, у БСС есть два серьезных недостатка, связанных с ограниченной емкостью блока питания и с защитой передаваемых данных. Предлагаемые мероприятия помогут сократить негативный эффект от указанных недостатков.

Список литературы

[1] Szewczyk R., Woo A., Hollar S., Culler D. E., Pister K. System Architecture Directions for Networked Sensors. *The 9th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems*. New York, 2000, pp. 93-104.

[2] Rajendran V., Obraczka K., Garcia-Luna-Aceves J. J. Energy-efficient, collision-free medium access control for wireless sensor networks. *Wireless Networks Journal*, 2006, vol. 12 (1), pp. 63-78.

[3] Polastre, J., Hill J., Culler D. Versatile Low power media access for wireless sensor networks. *The 2nd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems*. New York, 2004, pp. 95–107.

[4] Rhee I., Warrier A., Min J., Aia M. Z-MAC: Hybrid MAC for Wireless Sensor Networks. *The 3rd international Conference on Embedded Networked Sensor Systems*. New York, 2005.

[5] Raghunathan V., Schurgers C., Park S., Energy Aware Wireless Sensor Networks. *IEEE Signal Processing Magazine*, 2002, vol. 19 (2), pp. 40-50.

[6] Sen J., Security in Wireless Sensor Networks. *International Journal of Communication Networks and Information Security*, 2013, vol. 1 (2), pp. 59-82.

Короткова Екатерина Владимировна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: e.korotkova.2013@yandex.ru

Вершинин Евгений Владимирович - канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры "Программное обеспечение ЭВМ, информационные технологии, прикладная математика" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: yevgeniyv@mail.ru

И.А. Косенков, Ф.А. Плотников

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ АКТИВНОСТЕЙ НА КОМПЬЮТЕРАХ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

В последнее время компании стали контролировать затраты на управление персоналом, а руководители задумались о повышении эффективности использования рабочего времени. Многие российскими компаниями пришли к осознанию необходимости учета рабочего времени сотрудников. Есть специальные программные продукты, которые позволяют автоматизировать данный процесс.

Такая система должна обеспечивать реализацию следующих функций:

- Получить список процессов, запущенных на компьютере.
- Учет времени активных программ.
- Оценка простоя-бездействие пользователя.
- Выявление нежелательных программ («вирусов») запущенных на компьютере.
- Оценка времени работы в браузере, с разбиением по вкладкам.
- Возможность создания скриншотов, для последующего анализа.
- Возможность подключаться к web-камере сотрудника.
- Статистика и аналитика [1].

Но ни одна из программ, проанализированных в статье «Проблема учета времени работников на современных предприятиях» не удовлетворяет требованиям ни с точки зрения функционала, ни с точки зрения безопасности и быстродействия.

В связи с этим необходимо пересмотреть подход, используемый имеющимися программами. При их детальном анализе были сформулированы следующие правила.

Архитектура приложения должна объединять бизнес-требования и технические требования через анализ вариантов использования с последующим нахождением путей их реализации в ПО [2].

Данный программный продукт должен иметь клиент-серверную архитектуру и включать следующие модули:

1. Утилит администратора (серверная часть) – с помощью него администратор приложения сможет индивидуально настроить каждое клиентское приложение, осуществить on-line мониторинг процессов, создавать необходимые, для данной задачи отчеты, по всем пользователям, группе пользователей или по каждому работнику в отдельности. Либо, по используемому ПО, за нужные ему периоды времени.

2. Клиентский модуль, получает файл настроек, после чего осуществляет сбор именно той информации, которая была указана в настройках. Записывает информацию во временный файл, после чего, через определенные промежутки времени посылает его на серверную часть.

3. Базы данных, которая будет расположена на стороне сервера и хранить всю необходимую информацию.

Архитектура приложения разделена на пять компонентов по функциональным областям это позволяет обеспечить меньшую связанность между ними. Такой подход делает приложение более гибким, оставляет возможность комбинировать множество технологий в одном проекте и быстро без лишних затрат реагировать на возникающие потребности администратора.

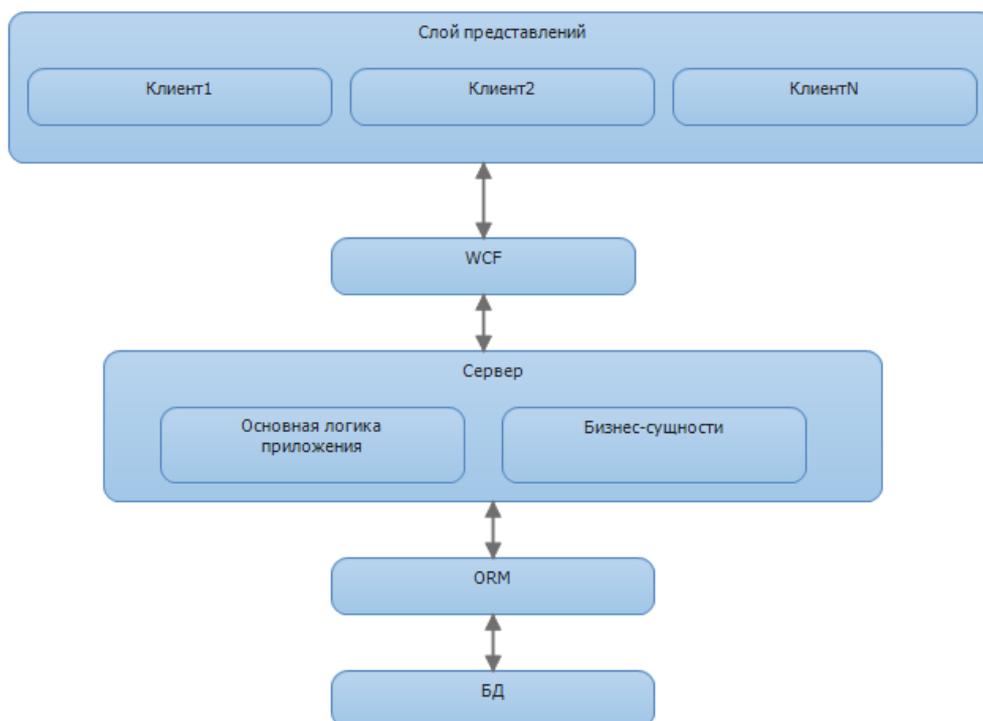


Рис. 1. Архитектура приложения модуля технологического проектирования

- Слой базы данных обеспечивает хранение в БД всей необходимой информации, обеспечивает возможность получения данных по всем необходимым запросам
- Слой ORM (Object-relationalmapping) содержит описание объектной модели и средства для отображения реляционной базы данных в объектную модель.
- Слой бизнес-логики(сервер) содержит:
 - Основную логику приложения – методы добавлению, извлечению, изменению и удалению информации из БД. Также этот компонент осуществляет проверку прав доступа пользователя
 - Бизнес - сущности – высокоуровневые объекты (абстрагированные от способа хранения), которыми оперирует приложение.

- WCF-сервис - делает возможным построение безопасных и надежных транзакционных систем через упрощенную унифицированную программную модель межплатформенного взаимодействия.
- Слой предоставления – реализует интерфейс клиента.

Режим функционирования системы должен зависеть от выбранных настроек, это позволит учесть все нюансы существующей системы и подобрать настройки, под определенную задачу.

Программный модуль должен иметь следующие возможности настройки:

1. Возможность индивидуальной настройки клиента, группы клиентов.
2. Возможность выбора функционала:
 - список процессов;
 - создание скриншотов;
 - подключение к web-камере
 - мониторинг активности приложений
 - оценка времени бездействия
3. Установка периодичности сбора информации (каждые 10 минут, 30 минут, 60 минут)
4. Установка периодичности создания скриншотов.

Таким образом, данные правила позволят спроектировать систему, удовлетворяющую всем поставленным требованиям, обеспечить необходимый уровень безопасности и повышенную стабильность работы системы.

Список литературы:

[1] Плотников Ф.А., Косенков И.А. Материалы Всероссийской научно-технической конференции НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРО - И МАШИНОСТРОЕНИИ И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ Проблема учета времени работников на современных предприятиях. Калуга, КФ МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2015, 234с.

[2] Робинсон С, С# для профессионалов. Том 2. Москва, Лори, 2003, 998 с.

Косенков Иван Алексеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: kosenkov.ia@gmail.com

Плотников Федор Алексеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры "Системы автоматизированного проектирования" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: blackdef@bk.ru

А.А. Карышев, П.А. Ромашов

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ИНЖЕНЕРА ПО ТЕСТИРОВАНИЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Системы управления тестированием используются для хранения информации о том, как должным образом проводить тестирование, осуществлении очередности проведения тестирования в соответствии с его планом, а также для получения информации в виде отчетов о стадии тестирования и качестве тестируемого продукта [1]. Инструменты имеют различные подходы к тестированию и, таким образом, включают в себя различные наборы функций. Обычно они используются для планирования ручного тестирования, сбора данных о результатах прохождения чек-листов и тест-кейсов, а также для получения оперативной информации в виде отчетов. Системы управления тестированием помогают оптимизировать процесс тестирования и обеспечивают быстрый доступ к анализу данных, средствам совместной работы и более качественному взаимодействию между несколькими проектными группами. Тестовые сценарии, входящие в тест-план, размещаются в системе управления тестами, которая доступна всем командам. Сотрудник, выполняющий тесты, отмечает результаты их выполнения. Таким образом, можно отслеживать прогресс выполнения задачи и удаленности от этапа внедрения [2].

На предприятии, для которого разрабатывается приложение, используется система управления тестированием TestLink.

Основные сущности системы TestLink – это проект, требование, тест-кейс, тест-план, билд, платформа и ключевые слова.

Проект — ключевой объект системы. Он существует на протяжении всего цикла тестирования и соответствует тестируемому продукту. Как правило, название проекта совпадает с названием тестируемого продукта.

Требование – требование к функциональности продукта, которые должны быть покрыты тестами. К требованиям можно привязывать тест-кейсы. На основании этих связей формируется отчет о покрытии требований.

Тест-кейс описывает последовательность действий и ожидаемый результат. Тест-кейсы могут быть сгруппированы по наборам тестов (наборы тестов аналогичны папкам в файловых системах). Таким образом, можно построить структуру любой вложенности для хранения тест-кейсов.

Тест-план содержит тест-кейсы и наборы тест-кейсов, которые должны быть выполнены в ходе различных тестов. Например, могут быть тест-планы для регрессионного тестирования, для тестирования отдельных компонентов и т.д.

Билд – содержит информацию о версиях тестируемого приложения.

Платформа – содержит информацию о платформе, на которой производится тестирование.

Ключевые слова – ключевое слово, которое можно в последствии добавлять тест-кейсам для более удобного их поиска и группировки [3].

В TestLink используется API (application programming interface), основанный на стандарте xml-rpc.

API — набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением (библиотекой, сервисом) для использования во внешних программных продуктах

XML-RPC (Extensible Markup Language Remote Procedure Call) — стандарт/протокол вызова удаленных процедур, использующий XML для кодирования своих сообщений и HTTP в качестве транспортного механизма. XML-RPC, как и любой другой интерфейс Remote Procedure Call (RPC), определяет набор стандартных типов данных и команд, которые программист может использовать для доступа к функциональности другой программы, находящейся на другом компьютере в сети [4].

Сообщение XML-RPC передается методом POST-протокола HTTP.

На предприятии также используется система управления проектами Redmine — это открытое серверное веб-приложение для управления проектами и задачам.

Redmine для реализации API используется подход REST.

REST (сокр. от англ. Representational State Transfer — «передача состояния представления») — архитектурный стиль взаимодействия компонентов распределенного приложения в сети. REST представляет собой согласованный набор ограничений, учитываемых при проектировании распределенной системы.

С использующейся на предприятии системой управления тестированием необходимо взаимодействовать через громоздкий web-интерфейс, что осложняет процесс выполнения тест-кейсов.

Одним из способов решения этой проблемы с целью уменьшения времени, затрачиваемого на выполнение ручного тестирования является разработка инструмента, который позволит запрашивать данные о проектах и тест-планах, хранящихся в TestLink, запускать выполнение выбранного тест-плана, просматривать информацию о выполняемом тест-кейсе и шаге, отправлять результаты о выполненных действиях и их результатах в TestLink.

В соответствии с заявленными требованиями была разработана диаграмма вариантов использования разрабатываемого приложения, которая представлена на рисунке 1.

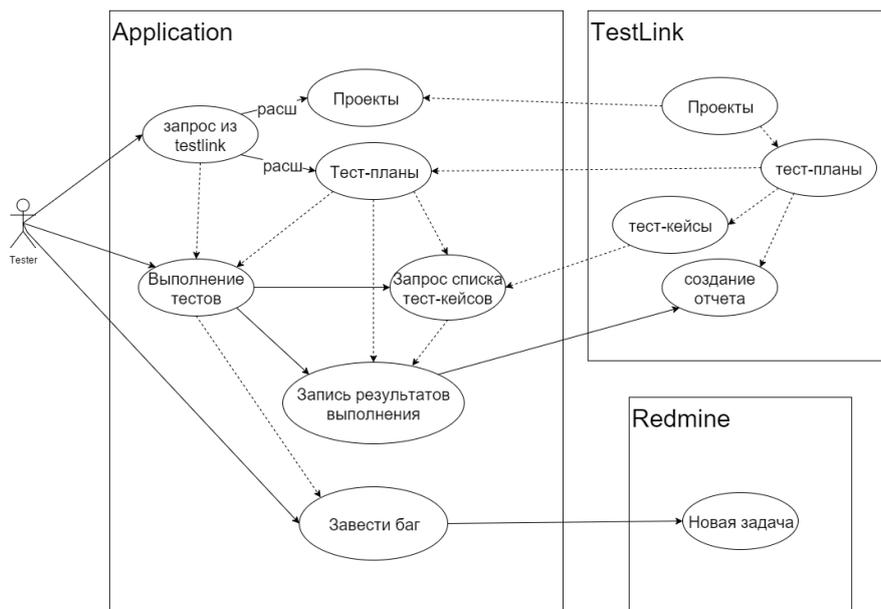


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Приложение разработано на языке программирования C# по технологии WPF.

При вызове любого из методов, реализующих API TestLink, выполняется последовательность действий, отраженная в диаграмме последовательности, показанной на рисунке 2.

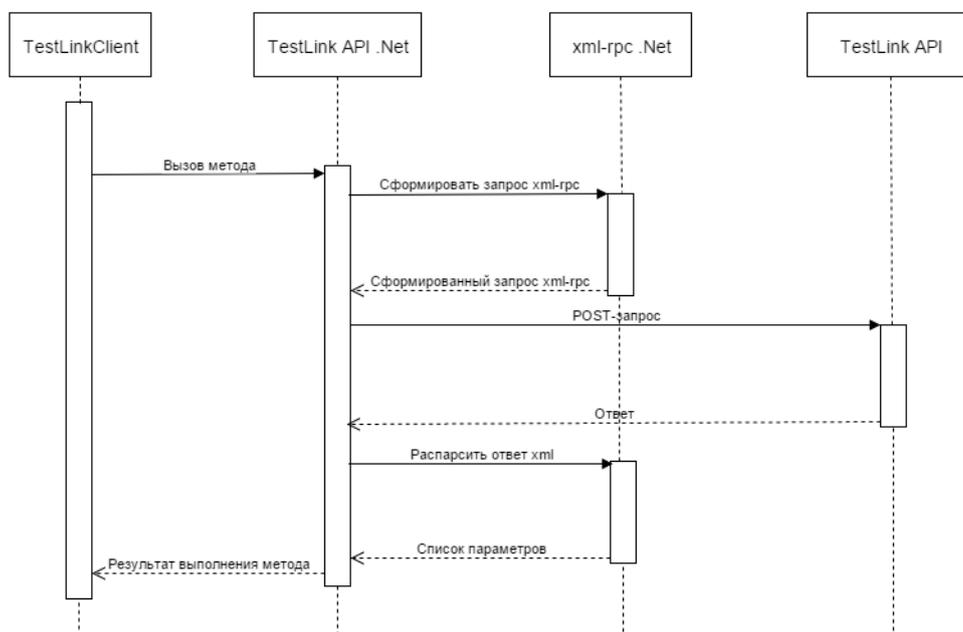


Рис. 2. Диаграмма последовательности для вызова метода API TestLink

Из диаграммы видно, что сначала разработанный клиент обращается к библиотеке .Net, реализующей API TestLink. Эта библиотека, в свою очередь, обращается к библиотеке xml-rpc для .Net, осуществляющей формирование запроса. После получение сформированного xml-rpc-запроса компо-

нент TestLink API .Net отправляет запрос на сервер TestLink. После получения ответа от сервера компонент TestLink API .Net снова обращается к библиотеке xml-rpc.Net для преобразования xml-ответа в список параметров.

Программа запускается через исполняемый файл. При запуске появляется главное окно программы, которое предоставляет возможность загрузить список проектов, просмотреть все тест-планы, связанные с выбранным проектом и начать выполнение тестов. Главное окно программы представлено на рисунке 3.

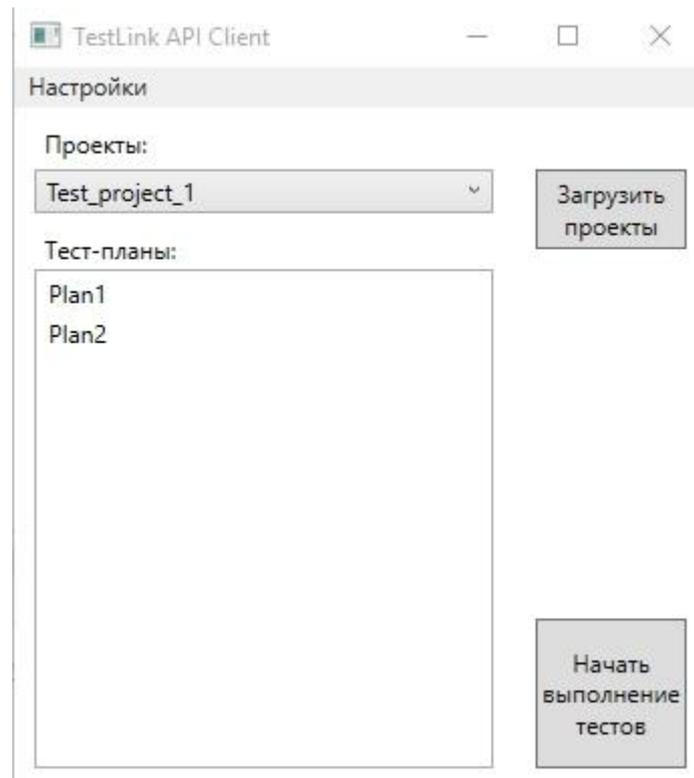


Рис. 3. Главное окно программы

При нажатии кнопки «начать выполнение тестов» появится окно с описанием первого шага первого тест-кейса из тест-плана, показанное на рисунке 4.

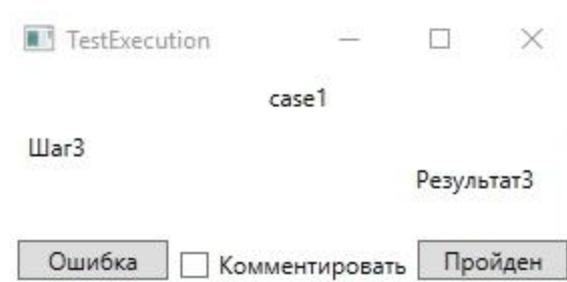


Рис. 4. Окно выполнения теста

Окно выполнения теста позволяет перейти к следующему шагу или создать отчет об ошибке на текущем, для чего предусмотрены кнопки «Пройден» и «Ошибка».

Разработанное приложение позволяет подключаться к серверам TestLink и Redmine с помощью ключа API, получать доступ к проектам и тест-планам и проводить тестирование по выбранному тест-плану с отправкой результатов на сервер системы и заведением задачи по исправлению найденных в процессе тестирования ошибок в системе управления проектами Redmine.

Использование разработанного приложения позволяет сэкономить около 3 секунд на выполнении каждого шага, описанного в тест-кейсе.

Список литературы

[1] Бейзер Б. Тестирование черного ящика. Технологии функционального тестирования программного обеспечения и систем. Санкт-Петербург, Питер, 2004, 320 с.

[2] Трофимова М. А. Организация процесса интеграционного тестирования нескольких систем. Tester's Life, 2012, № 1, с. 18-19

[3] Блэк Р. Ключевые процессы тестирования. Планирование, подготовка, проведение, совершенствование. Москва, Лори, 2011, 544 с.

[4] Котляров В. П., Коликова Т.В. Основы тестирования программного обеспечения. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2223 (дата обращения 01.11.2015);

Карышев Андрей Анатольевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ak9105252055@yandex.ru

Ромашов Павел Алексеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: svygor@gmail.com

А.А. Карышев, А.В. Безрукова

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОПОРТОВЫХ СВЧ УСТРОЙСТВ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Многие области современной науки и техники немыслимы без аппаратуры диапазона СВЧ. Проектирование радиоэлектронной аппаратуры СВЧ-диапазона имеет свою специфику, которая определяется главным образом ее способностью получать высокие радиотехнические характеристики. Бурное развитие высокочастотной радиоэлектроники в настоящее время делает востребованным повышение быстродействия средств исследований и разработок СВЧ-устройств. Одной из актуальных тенденций развития измерительной техники для аппаратуры СВЧ-диапазона является автоматизация измерений. Разработанная система соответствует этой тенденции. Она состоит из двух модулей. Интерфейс модуля тестирования приведен на рисунке 1.

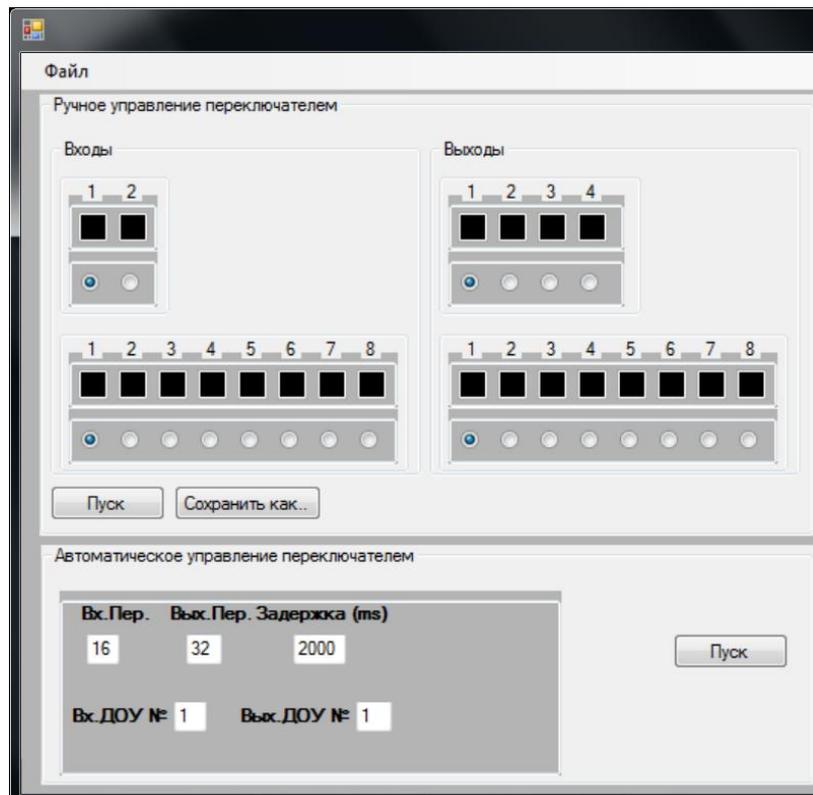


Рис. 1. Интерфейс модуля тестирования

На рисунке 2 приведен интерфейс модуля документирования с открытой вкладкой «График множителя решетки ДОУ» и отображением графиков множителей.

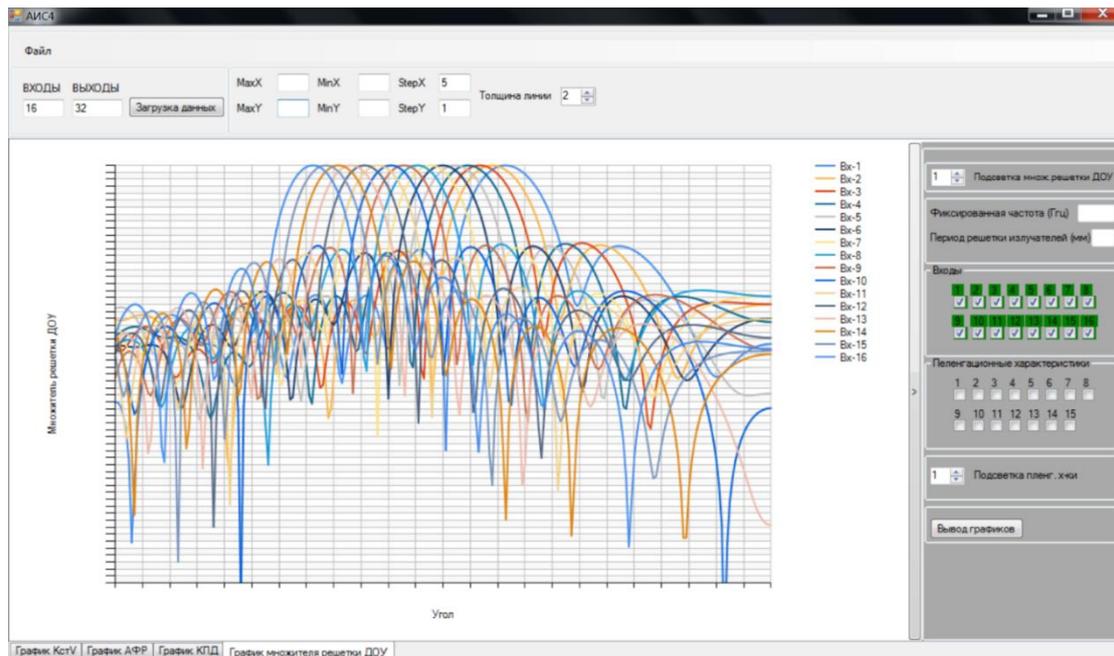


Рис. 2. Интерфейс модуля документирования с открытой вкладкой «График множителя решетки ДОУ» и отображением графиков множителей

Модуль тестирования позволяет осуществлять для коммутации каналов исследуемого устройства управление переключающим устройством в ручном или автоматическом режиме. Модуль способен взаимодействуя с векторным анализатором цепей сохранять во внешние файлы данные о измерений.

Модуль документирования позволяет загружать данные из файлов, созданных модулем тестирования. Для хранения измеренных данных в неизменном виде от одной загрузки данных до следующей создаются соответствующие объекты, к которым происходят обращения за данными для расчетов. Модуль способен рассчитывать и отображать в виде графиков следующие характеристики: коэффициенты стоячей волны по входам и по выходам, амплитудно-фазовые распределения коэффициентов передачи, коэффициенты полезного действия лучей, множители решетки излучателей, запитанной через исследуемое устройство, а также пеленгационные характеристики. Кроме того, предусмотрены некоторые средства настройки отображения полученных графиков и сохранения их во внешние файлы.

В качестве векторного анализатора электрических цепей в разработанной системе используется Agilent N5230A PNA-L Network Analyzer. Данный ВАЦ используется для измерений параметров рассеяния коаксиальных многополюсников.

Свойства СВЧ-устройств чаще всего описывают в терминах волновых матриц рассеяния. Матрица рассеяния связывает комплексные амплитуды падающих и отраженных волн напряжения на входах устройства. Для 4хполюсника эту связь записывают следующим образом:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}, (1)$$

где a_1 и a_2 – падающие, b_1 и b_2 - отраженные волны относительно 1 и 2 портов соответственно. Элементы матрицы рассеяния – так называемые S-параметры, удобны тем, что их легко измерить и через них можно выразить другие характеристики исследуемого устройства [1].

Применяемое переключающее устройство состоит из пульта управления и двух коммутаторов. Для коммутации нужных входов с выходами на каждом из переключателей необходимо послать команду в двоичном коде. Последовательность бит в послылке длиной 3 байта кодирует по одному входу для каждого переключателя. Первый переключатель имеет 16 входов и 1 выход. Второй переключатель имеет 32 входа и 1 выход. Это позволяет работать с устройствами с количеством портов до 48. Входы на переключателе объединены в восьмерки. Первый байт в команде должен содержать информацию о том, к какой из двух восьмерок на первом переключателе принадлежит коммутируемый вход первого переключателя, а также, к какой из четырех восьмерок второго переключателя принадлежит коммутируемый вход второго переключателя. Второй и третий байты содержат единицу в позиции, номер которой указывает номер коммутируемого входа в заданной восьмерке для первого и второго коммутаторов соответственно.

Программное управление переключателем осуществляется через микросхему FTDI. Сначала необходимо вызвать метод, открывающий FTDI-устройство по серийному номеру. Затем – методы для установки таймаутов чтения и записи на бесконечность, и для очистки буферов приема и передачи в устройстве. После этого устройство готово к приему и передаче данных через виртуальный COM-порт. При неудачном исходе перечисленные методы изменяют статус FTDI-устройства, который отслеживается приложением. Если статус FTDI-устройства не соответствует ожидаемому, всплывает окно сообщения с описанием проблемы и статусом.

Для выполнения переключения необходимо отправить по usb управляющую последовательность трех байт, которая записывается в буфер записи FTDI-устройства в двоичном коде. После этого происходит коммутация контактов высокочастотного коммутатора в соответствии с выставленным управляющим сигналом. Далее для контроля считываются три байта из буфера чтения FTDI-устройства. В соответствии со считанными байтами меняется цвет фона соответствующих квадратов-индикаторов в окне приложения. Если последовательность не соответствует ни одной паре вход-выход, все квадраты индикаторы гаснут.

Для взаимодействия с измерительным прибором используется интерфейс прикладного программирования. Управление измерительным прибором состоит из вызовов методов библиотеки `visa32.bas` и выполнении команд измерительным прибором. Прежде всего необходимо использовать метод `viOpenDefaultRM`. Эта функция устанавливает систему в исходное состояние с помощью менеджера ресурсов по умолчанию. Метод инициализирует `resourceManager` начальным значением, содержащим установочную информацию и возвращает указатель на него. Кроме того, методы библиотеки VISA возвращают код статуса. Он указывает на успешное или

неудачное завершение функции, а значение кода состояния отличное от ожидаемого является признаком ошибки.

Установочная информация необходима для вызова следующего метода библиотеки VISA – viOpen. Эта функция устанавливает канал связи с указанным устройством, поэтому необходимо указать адрес этого устройства. Далее следует выставить режим доступа и величину прерываний.

Метод viOpen возвращает указатель на идентификатор сессии подключения к конкретному устройству. Он используется для идентификации ресурсов сеанса при использовании других функций VISA.

После открытия сессии для GPIB устройства по указанному адресу для сохранения данных измерений во внешнем файле используется метод viPrintf. Это осуществляется для каждого исследуемого канала в цикле и предваряется соответствующим переключением канала. В качестве параметров метод требует идентификатор сессии подключения и команду. Для сохранения данных измерений в файл используется соответствующая команда SCPI, содержащая расположение и имя файла. При автоматическом управлении переключателем расположение файлов выбирается заранее, а имена файлов содержат номера входа и выхода исследуемого устройства [2].

Для сохранения данных измерений используются SnP-файлы с текстом в кодировке ASCII. Они хранят параметры рассеяния n-портовых устройств. В данном случае измерения проводятся для отдельных каналов, которые представляются в виде двухпортовых устройств, следовательно, сохраняются измерения в s2p-файлы.

По завершению работы с измерительным прибором следует закрыть канал связи с ним, для этого служит метод viClose, на вход которому передается идентификатор сессии. Тот же метод с входным параметром resourceManager закрывает сеанс VISA, при этом закрываются сеансы всех устройств, открытые с помощью данного менеджера ресурсов.

Разработанное приложение реализует расчеты на основе измеренных параметров. Далее приведем необходимые для расчетов формулы.

Формула расчета коэффициента стоячей волны (КСВ):

$$|КСВ| = \frac{1 + |S_{ii}|}{1 - |S_{ii}|} \quad (2)$$

Объекты класса «AisData» содержат безразмерные значения S_{21} , но для амплитудно-фазового распределение коэффициента передачи (АФР КП) нужны значения в дБ. Для этого используется следующее преобразование:

$$|S_{21}|[\text{дБ}] = 20 \cdot \lg |S_{21}| \quad (5)$$

Формула для расчета коэффициента полезного действия (КПД):

$$КПД_i = \sum_{\text{по_выходам}} |S_{\text{вых},i}|^2 \quad (6)$$

Множитель S_a – скалярная величина. Формула множителя для частного случая строки излучателей и исследуемых направлений в плоскости уз:

$$S_a(\theta) = \sum_n |S_{21}| e^{j(2\pi n \frac{d}{\lambda} \sin \theta + \psi)} \quad (9)$$

где $|S_{21}|$ – амплитуда КП с выхода n на исследуемый вход,
 ψ – фаза КП с выхода n на исследуемый вход [3].

Перейдем к программной реализации расчетов. Класс «AisData» предназначен для хранения данных об измерениях, загруженных из внешних файлов. При загрузке данных создается двумерный массив объектов класса «AisData», для каждого канала исследуемого устройства. Поля содержат набор измеренных отсчетов фаз и амплитуд S -параметров. Класс «AisObработка» служит для описания статических методов для расчета соответствующих характеристик: «AFRofAmplituda» – амплитудное распределение КП, «AFRofFaza» – фазовое распределение, «KPD» – КПД для всех лучей, «KStVtoInput» – КСВ по входам, «KStVtoOutput» – КСВ по выходам, «MnoghReshDOUforOneInput» – множитель решетки для одного луча, «MnoghReshDOUforAllInput» – множители для всех лучей, «Peleng» – пеленгационные характеристики [4].

Разработанное программное обеспечение позволило избежать необходимости выполнять перебор измеряемых каналов исследуемого многопортового СВЧ-устройства вручную, что составляло основную часть времени, затрачиваемого на выполнение измерений. А также дало возможность сохранять данные об измерениях во внешний файл, что экономит время и исключает ошибки в результате влияния человеческого фактора. Кроме того, получаемые таким способом данные отличаются повышенной подробностью. К тому же при выполнении большого количества переключений страдало как дорогостоящее измерительное оборудование, так и исследуемые устройства, это связано со слабым ресурсом используемых разъемов, а разработанная система лишена указанного недостатка. Более того, данная система делает возможным наглядное представление измерений в виде графиков и документирование параметров в такой форме.

Список литературы

- [1] Данилин А.А. Измерения в технике СВЧ. М.: Радиотехника, 2008. 184 с.
- [2] Жерновенков В.А., Тарасенко П.А., Пушкин Н.М. Измерение СВЧ параметров модулей АФАР и обработка результатов на автоматизированном стенде // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2012. №6(89). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-svch-parametrov-moduley-afar-i-obrabotka-rezultatov-na-avtomatizirovannom-stende> (дата обращения: 21.03.2016).
- [3] Амیتэй Н., Галиндо В., Ву Ч. Теория и анализ фазированных антенных решеток. М.: МИР, 1974, 458 с.
- [4] Петцольд Чарльз. Программирование с использованием Microsoft Windows Forms. С-Пб.: Русская Редакция, 2006, 433 с.

Карышев Андрей Анатольевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ak9105252055@yandex.ru

Безрукова Анастасия Викторовна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ak9105252055@yandex.ru

А.С. Нилов, А.Е. Потапов, А.С. Нилова

ТЕХНОЛОГИИ СИНХРОНИЗАЦИИ БАЗ ДАННЫХ НА ПЛАТФОРМЕ .NET FRAMEWORK

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Синхронизация данных — ликвидация различий между двумя копиями данных. Предполагается, что ранее эти копии были одинаковы, а затем одна из них, либо обе были независимо изменены [1].

Синхронизация баз данных является важным и неотъемлемым элементом работы большинства используемых программ. Автоматизация данного процесса в разы упрощает процесс переноса информации, а также позволяет решить задачи, которые невозможно было бы решить ручным способом. В данной статье рассмотрены и проанализированы технологии, позволяющие автоматизировать синхронизацию баз данных.

Удаленный доступ к данным (RDA). Удаленный доступ к данным в Microsoft SQL Server Compact позволяет приложениям получать доступ к данным из таблицы удаленной базы данных SQL Server, сохранять эти данные в базе данных SQL Server Compact, считывать, обновлять, а затем копировать в исходную таблицу SQL Server. Приложение, использующее технологию RDA, может получать данные из базы SQL Server и сохранять их в SQL Server Compact. Также приложение может сохранять информацию в SQL Server Compact и принудительно отправлять ее в SQL Server.

Агент клиента реализует интерфейс объекта удаленного доступа к данным. Агент клиента передает запрос агенту сервера. Получивший в ответе набор данных сохраняет в базе данных SQL Server Compact. Также агент клиента извлекает обновленные и удаленные данные из базы и отправляет их агенту сервера.

Компонент SQL Server Compact Database Engine управляет хранением данных SQL Server на устройстве. Компонент отслеживает все операции, производимые с записями базы данных.

Microsoft IIS организует взаимодействие между базами данных на сервере и на устройстве.

Агент сервера получает и обрабатывает запросы от клиента, возвращает результирующий набор записей. Также агент сервера получает добавленные и обновленные записи от клиента и сохраняет их в базе данных SQL Server. Для управления обменом данными между SQL Server и SQL Server Compact 3.5 он использует временные файлы сообщений (*.in и *.out).

Поставщик OLE DB для SQL Server осуществляет подключение к базе данных. На рисунке 1 показана архитектура удаленного доступа к данным.

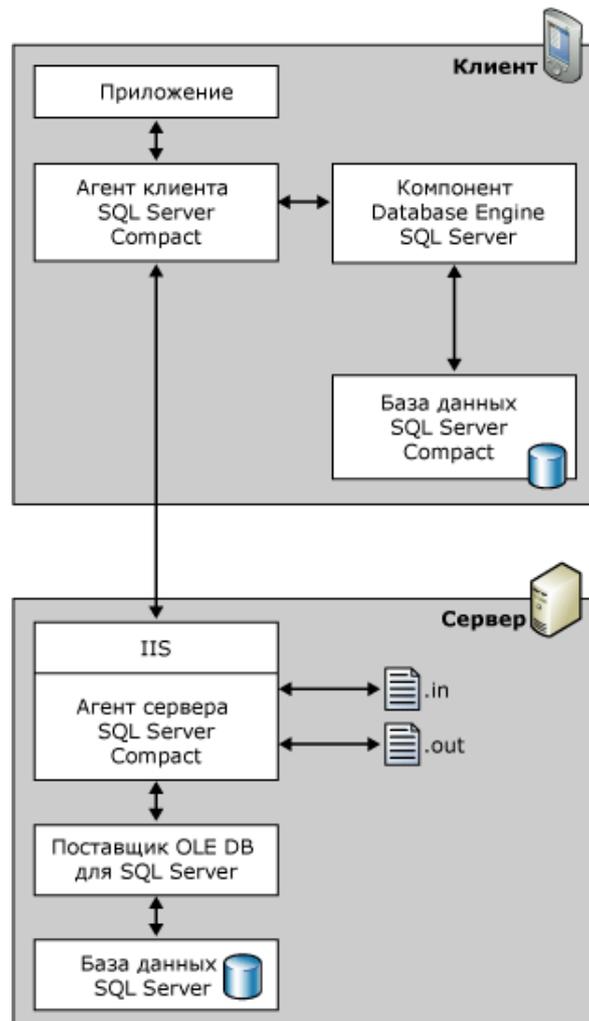


Рис. 1. Архитектура удаленного доступа к данным (RDA)

Репликация слиянием. Репликация позволяет обеспечить согласованность данных на устройстве и сервере после изменения данных на устройстве или сервере [2].

Репликация базы данных — это передача изменений в информации, произведенных в одном узле системы баз данных, на другие узлы. Репликации свойственна автоматическая, то есть без участия пользователя, синхронизация информации. С точки зрения потребителя информации хорошо организованная репликация означает, что данные доступны там и тогда, где и когда они требуются [3].

Компоненты данной модели аналогичны компонентам архитектура удаленного доступа к данным. За исключением посредника SQL Server.

При выполнении синхронизации SQL Server использует поставщик репликации SQL Server Compact, который располагается на компьютере со службами IIS.

На рисунке 2 показана архитектура репликации слиянием.

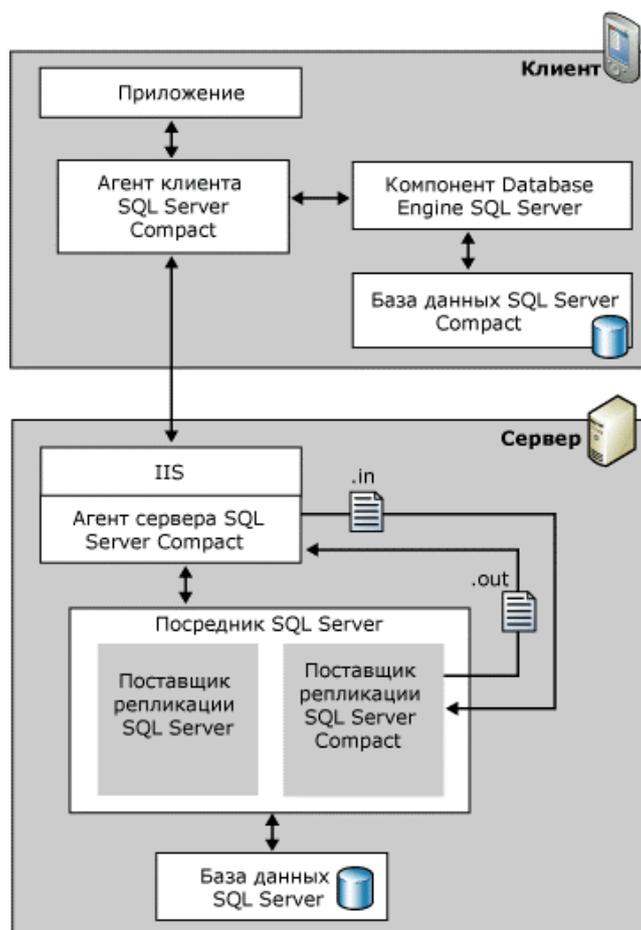


Рис. 2. Архитектура репликации слиянием

Первым этапом является публикация данных. При этом указывается, какие данные должны быть опубликованы. То есть репликация SQL Server Compact пропускает только те объекты и таблицы, которые содержатся в подписке SQL Server Compact.

После определения публикации приложение осуществляет подписку на эту публикацию. Это можно сделать путем вызова методов, предоставляемых объектом SQL Server Compact Replication или мастером создания подписки в среде SQL Server Management Studio. В последствии приложение может внести изменения в базу данных подписки.

Следующим этапом является процесс синхронизации. Который в свою очередь включает в себя четыре этапа.

На первом этапе агент клиента извлекает всю измененную, обновленную и удаленную информацию из базы данных и отправляет ее агенту серверу. Агент сервера в свою очередь создает входной файл сообщений, куда помещает сведения, переданные клиентом.

Затем агент сервера запускает поставщика репликации, который считывает входной файл. Далее происходит обнаружение и решение возникших конфликтов.

Следующим этапом является создание выходного файла, в котором указано, какие изменения должны быть внесены в базу данных.

На последнем этапе агент сервера считывает выходной файл сообщений, созданный поставщиком репликации, и вносит соответствующие изменения в серверную базу данных. После чего файл отправляется агенту клиента и соответствующие изменения вступают в силу в клиентской базе данных.

Платформа Microsoft Sync Framework. Microsoft Sync Framework — это многофункциональная платформа синхронизации, обеспечивающая совместную работу и автономный доступ для приложений, служб и устройств. Платформа Sync Framework предоставляет технологии и средства, позволяющие получить доступ к данным из разных местоположений, обеспечивает совместное использование данных и получение их в автономном режиме [4].

Архитектура платформы Microsoft Sync Framework показана на рисунке 3.

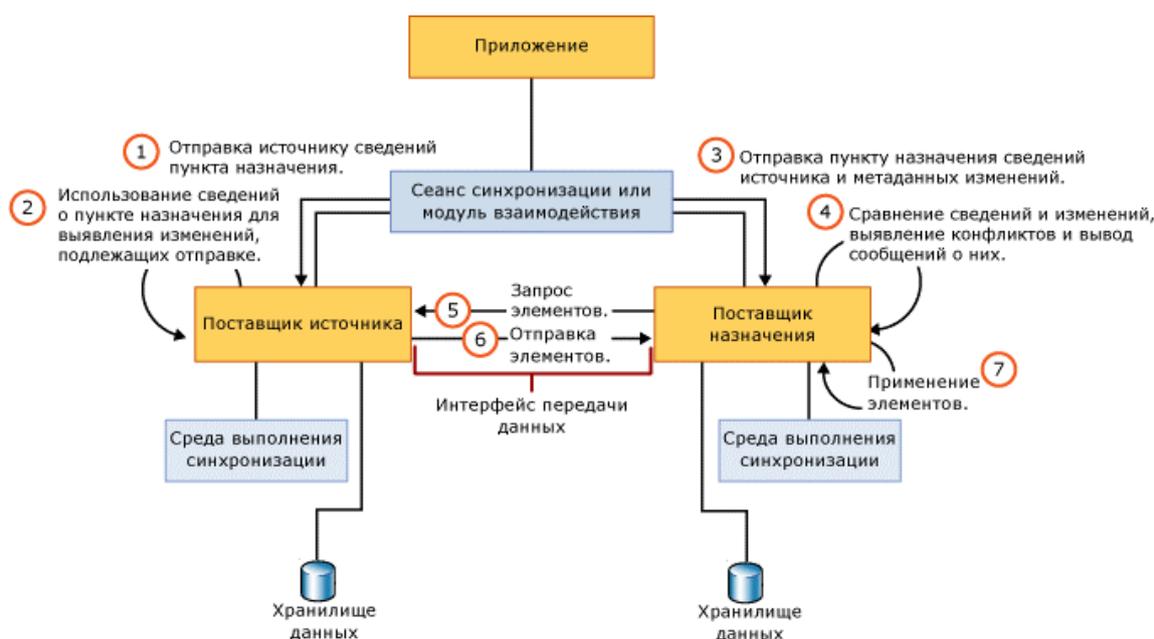


Рис. 3. Архитектура платформы Microsoft Sync Framework

Для обеспечения синхронизации данных, приложение, разработанное с использованием платформы Microsoft Sync Framework, создает сеанс синхронизации, который получает набор данных назначения и отправляет их поставщику. Поставщик, в свою очередь, сравнивает полученные данные с имеющимися и определяет набор изменений. Эти изменения поставщик отправляет в сеанс, который обрабатывает возникшие конфликты и выполняет необходимые изменения в базе данных. Двусторонняя синхронизация осуществляется путем двойного применения односторонней.

Анализ технологий синхронизации баз данных. В таблице 1 представлено сравнение рассмотренных технологий синхронизации баз данных.

Таблица 1. Сравнение технологий синхронизации

	Удаленный	Репликация	Службы
Поддержка разнородных баз	Нет	Нет	Да
Отслеживание добавочных	Нет	Да	Да
Разрешение конфликтов	Нет	Да	Да
Простота создания представ-	Нет	Нет	Да
Автоматическая инициализа-	Да	Да	Да
Автоматическое распростра-	Нет	Да	Нет

Сравнив технологии можно сделать выводы о том, что большей функциональностью обладают технологии Sync Services и репликация слиянием. Репликация слиянием реализует не плохую функциональность, она проста в использовании и настройке. Данная технология ориентирована в основном на администраторов баз данных и не предоставляет гибкой модели программирования, в отличие от служб Sync Services. Функциональность этих служб превосходит функциональность удаленного доступа к данным и репликации слиянием. Службы ориентированы на разработчиков и позволяют легко создавать представления данных на стороне клиента на основе серверной базы данных или другого источника данных.

Список литературы

[1] Синхронизация // Словарь компьютерных терминов URL: <http://www.rembook.ru/glossary/sinkhronizacija.html> (Дата обращения: 05.02.2016)

[2] Типичное использование репликации (SQL Server Profiler) // Официальный сайт Microsoft TechNet URL: <http://technet.microsoft.com/ru-ru/lib12.aspx> (Дата обращения: 07.03.2016)

[3] Репликация баз данных Технический институт // URL: <http://www.sybase.ru/system/files/pdf2.pdf> (Дата обращения: 14.03.2016)

[4] Общие сведения о платформе Sync Framework Официальный сайт Microsoft URL: [http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb902814\(v=sql.100\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb902814(v=sql.100).aspx) (Дата обращения: 18.03.2016)

Нилов Антон Сергеевич - студент Национального исследовательского университета «МИЭТ». E-mail: toshanilov@mail.ru

Потапов Андрей Евгеньевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: potapov-ae@mail.ru

Нилова Анастасия Сергеевна – ассистент кафедры КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nilovaAS@yandex.ru

СЕКЦИЯ 11.

**ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ
ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

Н.С. Лазарев

АНАЛИЗ ОМИЧЕСКОГО КОНТАКТА СИСТЕМЫ ТИТАН–НИКЕЛЬ С СИЛЬНО ЛЕГИРОВАННЫМ КРЕМНИЕМ N–ТИПА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение.

Конец XX – начало XXI века ознаменовался бурным ростом электроники, которая затронула все сферы человеческой жизни. В настоящее время в большинстве электрических устройств используются омические контакты системы металл–полупроводник, так как именно такие контакты имеют малое сопротивление, что, в свою очередь, способствует снижению уровня потерь электроэнергии для устройства.

В настоящее время одними из самых распространенных металлов для омических контактов являются алюминий и золото. Система титан–никель рассматривается как альтернатива вышеупомянутым металлам, так как титан хорошо взаимодействует с подложкой кремния, обладает достаточной электропроводностью, а также механически прочен.

Цель работы – рассмотреть механизмы взаимодействия подложек кремния с системой Ti–Ni, а также проанализировать омический контакт данной системы.

Омический контакт на основе кремния.

Одним из основных методов получения омических контактов является напыление металлов на полупроводниковую подложку в вакууме. Кремний – полупроводник, который в обычных условиях проявляет себя как четырехвалентный элемент со степенью окисления +4 или –4. Находясь в окружающей среде, он образует тонкий слой диоксида кремния SiO₂, который, в свою очередь, препятствует взаимодействию самого кремния с другими веществами [1]. Перед напылением титана кремний необходимо тщательным образом очистить от окислов и других загрязнений. Как правило, кремний очищают путем травления пластины в 49% растворе плавиковой кислоты HF [2].

С целью чистоты процесса напыления металлов на подложку кремния в устройстве поддерживается вакуум не хуже высокого уровня. Давление такого уровня достигается с помощью ступенчатой откачки.

Титан – металл, который имеет хорошую электропроводность и термостабильность, что особенно важно для устройств, работающих в широком диапазоне температур. Титан имеет степени окисления +2, +3, +4 [3]. На воздухе, при обычной температуре, Ti устойчив. При магнетронном распылении титана его атомы будут взаимодействовать с поверхностными атомами кремния.

Кремний в своем кристаллическом состоянии реализует классическую двухэлектронную ковалентную связь, образованную перекрыванием sp³–гибридных орбиталей соседних атомов [1]. В соответствии с симметрией указанных орбиталей расположение атомов соответствует форме пра-

вильного тетраэдра. Однако в этой структуре каждая ковалентная связь имеет ковалентно–ионный характер, что вызвано различиями в электроотрицательности соседних атомов. В поверхностном слое кремния образуются как свободные, так и иные связи, взаимодействующие с остатками кислорода и образующие оксид кремния [1]. Атомы титана, напыляемые на такой поверхностный слой, взаимодействуют со свободными связями кремния, образуя интерметаллические связи. Взаимодействуя же с оксидом кремния, они образуют оксид титана TiO_2 . Вследствие различия в типах кристаллических решеток кремния и титана возникают напряжения на границе Si–Ti.

Работа выхода титана равна 4.33 эВ, кремния – 4.60 эВ [4], следовательно, в таких условиях формируется невыпрямляющий омический контакт. При образовании такого контакта электроны из металла переходят в полупроводник, где увеличивается их концентрация [5]. На рис. 1 показано схематичное изображение изменений энергетических диаграмм для контакта металл–n–полупроводник. В месте контакта титана и кремния энергетические зоны Si «изгибаются вниз», что связано с направленным из металла в полупроводник электрическим полем [5]. Это поле притягивает электроны к месту контакта. Следовательно, сопротивление данного контакта определяется нейтральным слоем полупроводника и не зависит от приложенного напряжения. Чем меньше данный барьер, тем больший ток насыщения имеет контакт, а значит, и малое сопротивление для прямого и обратного смещения. Отсюда следует, что контакт будет омическим [5].

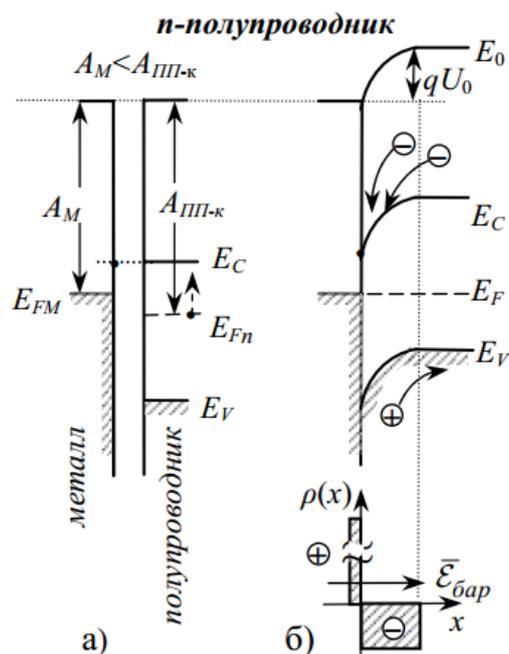


Рис. 1. Невыпрямляющий контакт металл–n–полупроводник [5]. Зонные диаграммы а) – исходных материалов, б) – невыпрямляющего контакта. Под рисунком зон показаны заряды, формирующие ОПЗ. $A_{ПП-к}$ – работа выхода полупроводника; A_M – работа выхода металла; E_{FM} – уровень Ферми металла; E_{Fn} – уровень Ферми n – полупроводника; E_F – общий уровень Ферми; E_0 – уровень вакуума; E_C – энергия нижней границы зоны проводимости; E_V – потолок валентной зоны; $\mathcal{E}_{бар}$ – электрическое поле [5].

Никель – коррозионноустойчивый металл, имеющий хорошую электронную проводимость. Степени окисления: +2, редко +1, +3, +4 [6]. Исходя из этого, взаимодействуя с поверхностными слоями титана, никель образует соединение TiNi. Так как титан имеет большое сродство с кислородом, он легко образует оксиды с данным элементом из окружающей среды [3]. Диоксид титана является полупроводником с шириной запрещенной зоны около 2 эВ [7]. Слой никеля, напыляемый на титан, препятствует его дальнейшему взаимодействию с кислородом. Для внешних контактов производится напыление слоя серебра, который недостаточно хорошо взаимодействует с Ti, но успешно образует связи с Ni.

Серебро – один из самых электропроводных металлов. Структура кристаллической решетки серебра аналогична структуре кристаллической решетки никеля – кубическая гранецентрированная [8], но параметры решетки этих металлов 4.086 Å [8] и 3.524 Å [6] соответственно. Серебро хорошо поддается пайке, поэтому оно подходит для контактной площадки для внешних выводов.

После напыления всех слоев металлов данную систему следует подвергнуть отжигу. Кристаллические решетки на границе Si–Ti находятся в напряженном состоянии. Поскольку их температурные коэффициенты теплового расширения различаются, нагревание данной системы может привести к ухудшению связей между атомами на границе Si–Ti. Отжиг при температуре 550–600°C способствует образованию стабильного соединения TiSi₂[2].

Сравнивая систему Ti–Ni с системой Al–Au для создания омических контактов на кремниевой подложке, можно выделить следующие преимущества Ti перед Al:

- Al мягкий, следовательно, легко повредить его пленку [9];
- У Al появляются пустоты в пленке вследствие электродиффузии при меньших, чем для Ti, плотностях тока [9];
- Работа выхода Al – 4.06 эВ, Ti – 4.33 эВ [4], что способствует меньшему сопротивлению на границе Si–Ti;
- Al способен образовывать хрупкие соединения с Au, что может снижать электропроводность и приводить к отказам в случае термокомпрессионного крепления выводов [9].

Выводы.

Система Ti–Ni может стать достойной альтернативой другим системам, напыляемым на кремниевые подложки, в частности заместить Al–Au. Титан прочнее алюминия. Слой Ti образует стабильные связи с кремнием и его оксидами. Кроме того, в отличие от алюминия, он имеет работу выхода более близкую к аналогичной у кремния.

Список литературы.

- [1] Некрасов Б.В., *Кремний – неорганическая химия*. URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2171.html> (дата обращения 18.03.2016).
- [2] Resnik D., Kovač J., Vrtačnik D., Amon S. *Structural investigation of direct current magnetron sputtered Ti/NiV/Ag layers on n⁺Si substrate*. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040609008003489> (дата обращения 18.03.2016).
- [3] Титан URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Титан_\(элемент\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Титан_(элемент)) (дата обращения 18.03.2016).
- [4] Работа выхода. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Работа_выхода (дата обращения 20.03.2016).
- [5] Шинкаренко В.Г., *Контакты металл-полупроводник*, М.: МФТИ URL: https://mipt.ru/drec/forstudents/study/studyMaterials/2kurs/eldev/f_50otza.pdf (дата обращения 21.03.2016).
- [6] Никель. URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/2874.html> (дата обращения 21.03.2016).
- [7] Морозов А.Н., *Синтез и каталитические свойства наноструктурированных покрытий диоксида титана* URL: http://www.muctr.ru/upload/form/not_image/dis/Morozov.pdf (дата обращения 20.03.2016).
- [8] Серебро. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Серебро> (дата обращения 19.03.2016).
- [9] Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А., *Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем*. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2012.

Лазарев Николай Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: lazarevnikolay05@gmail.com

О.Н. Глотова

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ТОНКИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК НА НАДЕЖНОСТЬ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Повышение надежности интегральных схем – одна из основных задач современного производства. На примере ИС (интегральной схемы) операционного усилителя рассмотрены дефекты межслойного диэлектрика – пленки Si_3N_4 , которые влияют на величину токов утечки.

Малошумящий операционный усилитель с высоким коэффициентом усиления напряжения состоит из ряда каскадов, на основе соединений биполярных транзисторов, резисторов и емкостей. Известно, что коэффициент усиления по напряжению для биполярного транзистора равен отношению тока коллектора к току базы:

$$\beta = I_K / I_B \quad (1)$$

Область базы формируется с помощью ионного легирования через маску нитрида кремния. Ионное легирование – это введения путем бомбардировки ускоренных в электрическом поле ионизированных атомов или молекул примесей в поверхностный слой пластины или эпитаксиальной пленки, причем возможны любые комбинации «ион – мишень», энергия ионов.

Получение ионов, их ускорение и фокусировку производили в установке типа «Везувий». Из источника примесь в парообразном виде попадает в разрядный блок – ионизатор. Затем отрицательным потенциалом (до 25 кВ) ионы вытягиваются в магнитный масс- сепаратор. Принцип действия масс- сепаратора основан на зависимости траектории движения иона примеси в постоянном поперечном магнитном поле от его массы. Поэтому на выход попадают только ионы с необходимой энергией. Поток ионов ускоряется в электрическом поле (с напряжением до 300 кВ) и фокусируются в пучок с плотностью тока до 100 А/м^2 и площадью сечения $(1 \div 2) \text{ мм}^2$. В рабочую камеру плоский ионный пучок проходит через устройство сканирования, что позволяет однородно легировать пластины [2].

Существует возможность легирования через тонкие пассивирующие слои оксидов или нитридов кремния. Например, области базы биполярного n-p-n-транзистора формируются путем ионного легирования примесью бора через защитную маску нитрида кремния.

В процессе изготовления кристалла ИС производят первое окисление кремниевых пластин, далее вытравливают окна в слое оксида кремния. Отличительной особенностью данного маршрута является то, что перед проведением ионного легирования в вытравленных окнах в слое толстого оксида создают тонкий слой оксида кремния (0,07 мкм), а затем осаждают нитрид кремния по всей поверхности пластины [3].

Маска нитрида кремния Si_3N_4 толщиной $(0,047 \div 0,052) \text{ мкм}$ получается путем осаждения в газовой фазе в ходе химической реакции взаимодействия силана с аммиаком:



Температура в реакторе при этом 900°C. Затем производят ионное легирование бором с последующей активацией примеси для формирования области базы.

И только после этого происходит легирование бором. Активация примеси производится отжигом при $T=(600\div 1050)$ °C.

Ионное легирование через нитрид кремния предотвращает попадание примеси-загрязнителя в области базы; защищает легируемые области от влияния среды, в которой проводится активация, т.е. активацию можно проводить в любой газовой среде (в среде азота, кислорода, воздуха) [3]. При всех своих положительных качествах пленка нитрида кремния, которая частично остается на пластине в виде защитной межслойной пленки, может вносить дефекты в структуру кристалла, тем самым ухудшая электрические параметры схемы.

Методика эксперимента. Для оценки влияния привносимых дефектов нитридом кремния были параллельно проведены две партии: партия А - идет по базовому маршруту изготовления ИС (с маской нитрида кремния), партия Б – без нанесения пленки Si_3N_4 , но при этом увеличили толщину тонкого окисла (~0,08 мкм), так как диэлектрические пленки Si_3N_4 и SiO_2 имеют разный коэффициент диэлектрической проницаемости. После изготовления партий были сняты показания ВАХ (коэффициент усиления β , пробивные напряжения к-э, э-б, к-б).

На рис.1. показана схема расположения тестового биполярного транзистора на дорожке реза. Такие тестовые транзисторы отображают параметры транзисторов на самом кристалле, так как формируются совместно с транзисторами схемы, но в дальнейшем, при резке пластины на кристаллы, срезаются (не являются частью схемы). Такой тестовый элемент дает возможность произвести реальные замеры действующих транзисторов в схеме и дать им оценку, но при этом не повреждая сам кристалл.

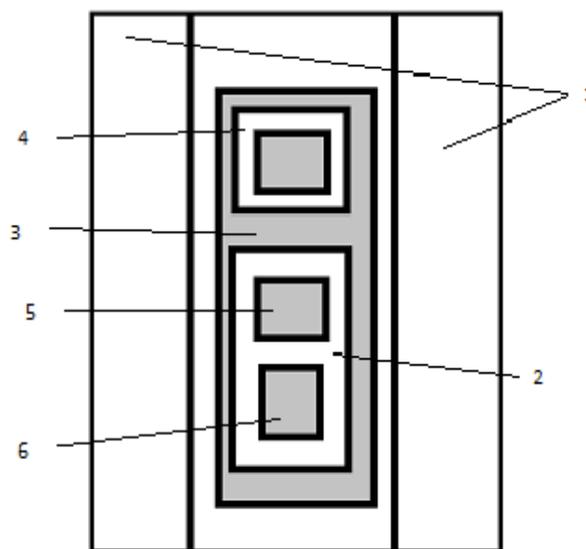


Рис. 1. Тестовый транзистор на дорожке реза
1- области кристаллов интегральной схемы; 2- дорожка реза; 3- тестовый транзистор; 4- коллектор; 5- эмиттер; 6- база.

В схеме с общим эмиттером (ОЭ) входное напряжение подается в базу, а выходное снимается с коллектора. Эмиттер является общим контактом, относительно которого задаются входное и выходное напряжения. При уменьшении входного напряжения $U_{Э-Б}$ потенциал в базе уменьшается, поэтому эмиттерный переход закрывается и ток коллектора уменьшается. При увеличении входного напряжения $U_{Э-Б}$ потенциал в базе возрастет, следовательно эмиттерный переход открывается сильнее и ток коллектора возрастает. Таким образом, в схеме с общим эмиттером увеличение входного напряжения приводит к увеличению выходного тока, а уменьшение входного напряжения – к уменьшению выходного тока [1].

Результаты и обсуждение. Статической входной характеристикой транзистора для схемы с ОЭ является график зависимости тока базы I_B от напряжения $U_{Э-Б}$ входной цепи при постоянном значении напряжения $U_{К-Э}$ выходной цепи: $I_B=f(U_{Э-Б})$ при $U_{К-Э}=\text{const}$.

Выходные (коллекторные) характеристики транзистора в схеме с ОЭ представляют собой зависимости тока коллектора I_K от напряжения $U_{К-Э}$ выходной цепи при постоянном токе базы I_B во входной цепи: $I_K=f(U_{К-Э})$ при $I_B=\text{const}$.

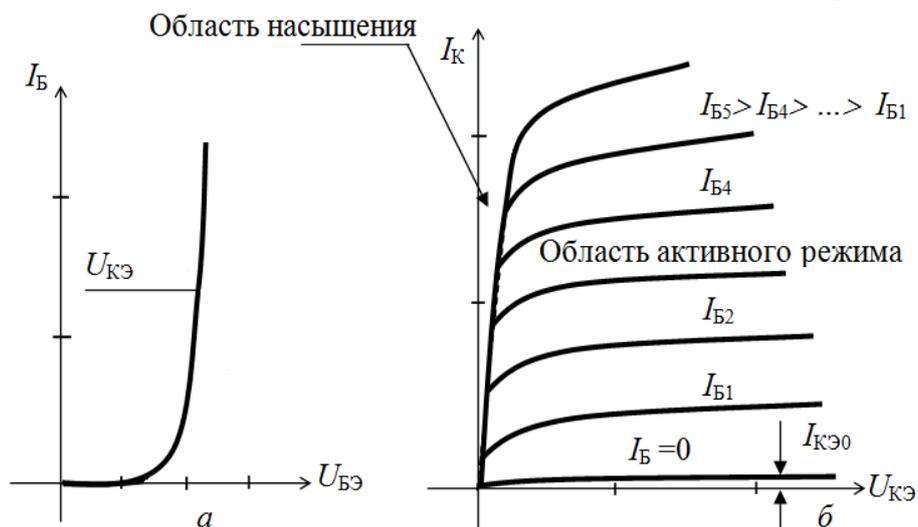


Рис. 2. ВАХ биполярного транзистора в схеме с ОЭ:
а – входная характеристика; б – выходная.

С помощью прибора для измерения характеристик полупроводниковых приборов Л2-56 были измерены ВАХ на пластинах – соответствующие иголки для замеров контактируют с окнами транзистора и подают смещение, снимая показания с экрана прибора.

Было установлено, что пластин с «утечками» из партии А больше, чем из второй партии, причем «утечки» чаще встречаются на кристаллах, которые находятся ближе к краю пластины.

Это можно объяснить тем, что при выращивании нитрида пленка получается обогащенной кремнием или азотом (неравновесное протекание химической реакции). В случае избытка кремния возрастает концентрация глубоких ловушек для носителей заряда (электронов). После отжига нитрида концентрация ловушек становится меньше[1,4], но существенного вклада это не привносит.

Температурный коэффициент линейного расширения нитрида Si меньше, чем у оксида Si, что приводит к микротрещинам в слое из-за возникающего сжимающего механического напряжения. Наличие пор пленки так же вносит дополнительный паразитный заряд. Количество пор можно определить: пластину с алюминием (пластина-спутник) ставим в канал для осаждения Si₃N₄ (SiO₂) как балластную или спутник. После нанесения нитрида, пластину обрабатываем в растворителе для алюминия. При наличии пор в диэлектрической пленки, находящейся под ней слой алюминия «сравится» и дефекты Si₃N₄ (SiO₂) хорошо видны под микроскопом с увеличением около *1600 раз (поры диаметром 0,08 мкм и больше). Пластины-спутники при контроле пор просматривают полностью по всей рабочей поверхности, смещая пластину примерно на 5 мм в сторону (в среднем оценка идет по пятидесяти точкам на поверхности). Область с большим скоплением и дефектов и пор в поле зрения микроскопа (более 6-ти) является дефектной. Соотношение «дефектных» областей к «бездефектным» показывает приблизительный процент дефектности всей пленки нитрида кремния. Такое соотношение не должно быть больше 10%.

Заключение. Было установлено, что партия без нитрида кремния (двойной окисел кремния) имеет лучшие электро-физические показатели, чем кристаллы с нитридной маской. При сравнении дефектности пленок Si₃N₄ и SiO₂, пористость составила 6,8% и 4,2% соответственно. Таким образом, неоднородный нитрид кремния, обладающий большим количеством дефектов, имеет способность проводить электрический ток, что дает вклад в помехи и токи утечек, при этом коэффициент усиления β падает. Таким образом, можно сопоставить усредненные значения основных параметров схемы партий А и Б соответственно: коэффициент β – 125/132, $U_{К-Э}$ – 35/38, $U_{Э-Б}$ – 7.5/8.2, $U_{К-Б}$ – 78/82, при этом погрешность измерительного прибора составляет 4%. В партии А были обнаружены две пластины, которые давали утечки при измерении $U_{К-Б}$ и $U_{Э-Б}$, по всей своей поверхности.

Список используемой литературы.

[1] *Готра З.Ю.* Технология микроэлектронных устройств. Справочник. - М.: Радио и связь, 1991. -528 с.

[2] *Комаров Ф.Ф.* Ионная и фотонная обработка материалов. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – Мн.: Белгосуниверситет, 1998г.

[3] Пат. 2399115 Российская Федерация, МПК H01L21/265 способ ионного легирования бором областей р-п перехода полупроводниковых приборов и интегральных схем/ *Болдин В.Н., Безруков А.В., Барабанищikov В.А.*; заявитель и патентообладатель(и): АО"Восход"-Калужский радиоламповый завод. -№ 2009130774/28; заявл. 13.08.2009; опубл. 10.09.2010 Бюл. № 25

[4] *Реньян В.Р.* Технология полупроводникового кремния / Пер. с англ. - М.: Металлургия, 1999. - 336 с.

Глотова Ольга Николаевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: luckyfox94@gmail.com

И.Р. Бережанский, С.А. Адарчин

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ. ОБРАЗОВАНИЕ ДИСЛОКАЦИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Надежность современной электроники во многом определяется процессами, протекающими в активных полупроводниковых элементах. Повышение их надежности путем оптимизации конструкционных и технологических характеристик сегодня является наиболее приоритетной задачей.

Одной из основных причин ухудшения характеристик полупроводниковых приборов являются дефекты их кристаллической структуры. Основным фактором, влияющим на надежность микроэлектромеханических структур, является именно дефекты полупроводника, возникающего на различных этапах жизненного цикла приборов.

Например, деградация датчиков давления и датчиков на основе гальваномагнитных эффектов происходит в результате повышения уровня механических напряжений при производстве, а также при развитии имеющихся структурных несовершенств при их эксплуатации.

Изменения основных свойств полупроводниковых элементов можно связать с деградацией их структур. Изменение электрофизических параметров полупроводников при воздействии напряжений происходит в результате возникновения в них дислокаций, которые могут оказывать прямое или косвенное влияние. Прямое влияние дислокаций объясняется возникновением в запрещенной зоне электронных состояний, которое приводит к появлению новых энергетических уровней и изменению ширины запрещенной зоны. Косвенное влияние объясняется тем, что дислокации являются местами притяжения точечных дефектов и примесных атомов.

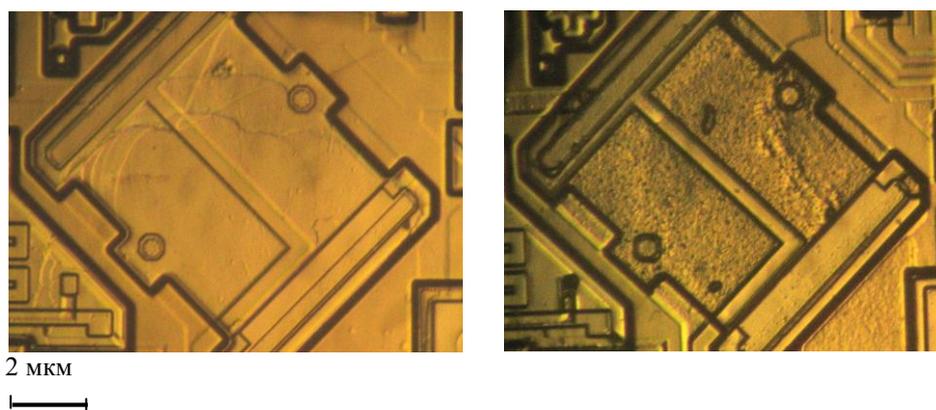
Процесс образования дислокаций является наиболее изученным в теории дислокаций. На сегодняшний день модель Франка-Рида является наиболее правильной и подтвержденной экспериментальной моделью их генерации. Суть модели Франка-Рида заключается в следующем: под воздействием приложенного напряжения дислокационный сегмент между узлами растягивается таким образом, чтобы растяжение компенсировало приложенное напряжение. При возрастании приложенного напряжения радиус кривизны уменьшается и вместо прямой возникает выгнутый участок дислокации. При увеличении напряжения выгнутый сегмент превращается в замкнутую петлю или окружность. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к возникновению так называемой экстра – плоскости, которую и принято считать дислокацией.

В процессе жизненного цикла полупроводниковых приборов материал подвергается различного рода механическим воздействиям, в результате которых, как правило, возрастает плотность дислокаций, что приводит к изменению основных электрофизических характеристик кристаллов и приборов на их основе. Особенности электрофизических свойств полупроводников, связанные с дислокациями, проявляются в том, что вблизи дислокаций возникают поля упругих напряжений, свободные ненасыщенные связи, способные захватить и отдать носители заряда. Захват носителей дислокациями приводит к существенному изменению концентрации и подвижности носителей.

Для того чтобы оценить влияние дислокаций на полупроводниковые приборы необходимо исследовать структуры полупроводниковых кристаллов с разными уровнями механических напряжений. Для проведения металлографических исследований были выбраны образцы, прошедшие все стадии производства датчиков, и с уровнем механических напряжений $\sim 10^7$ Па, а также образцы не участвующие в сборочных операциях, а следовательно и свободные от каких-либо механических напряжений. Для выявления дислокаций и определения дислокаций был использован метод селективного травления, где в качестве травителя использовался травитель состава $2\text{HF}:\text{Cr}_3\text{O}$.

Количество и характер дефектов, выявленных на образцах, определяли на исследовательском металлографическом микроскопе марки «Е» при увеличении $\times 500$. Полученная картина распределения дислокаций представлена на рис. 1.

Определенная плотность дислокаций для полупроводниковой структуры, не подвергнутой сборочным операциям составила $\approx 10^1 \text{ см}^{-2}$, а для структуры, участвующей в сборке датчика, $\approx 2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$.



а)

б)

Рис. 1. а) чувствительный элемент полупроводниковой структуры, не подвергнутый сборочным операциям; б) чувствительный элемент полупроводниковой структуры после сборочных операций

Для того, чтобы оценить влияние дислокаций на электрофизические свойства, проводился следующий эксперимент. Были выбраны два типа кремниевых кристаллов. Одна группа чувствительных элементов не подвергалась каким-либо внешним воздействиям и в них отсутствовали механические напряжения. Второй тип кристаллов, подвергавшихся при сборке, испытаниях и эксплуатации полупроводниковых приборов внешним негативным температурным и механическим воздействиям, содержал внутренние механические напряжения $\approx 5 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Исследование образцов проводилось в интервале температур 290К...398К, соответствующем рабочему диапазону эксплуатации готовых приборов. Измерения микротермо-ЭДС проводились с помощью разработанной установки с погрешностью не более 5%.

Из рис.2 видно, что значение микротермо-ЭДС для чувствительных элементов недеформированных кристаллов больше чем для деформированных кристаллов чувствительных элементов приборов, прошедших испытания.

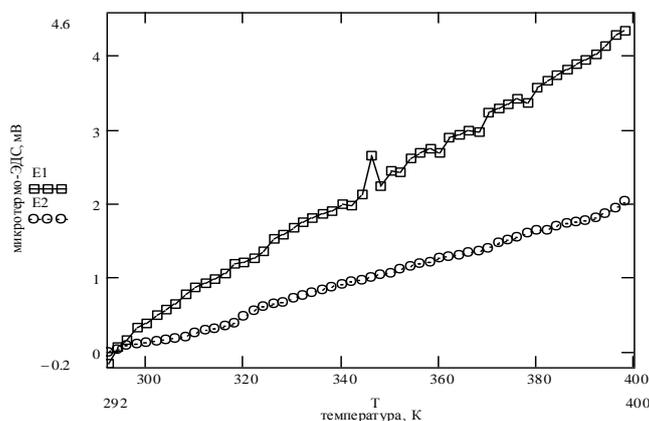


Рис. 2. Температурные зависимости микротермо-ЭДС: E1 – для чувствительных элементов недеформированных кристаллов; E2 - для чувствительных элементов деформированных кристаллов

Зная значения микротермо-ЭДС для недеформированных и деформированных кристаллов, можно найти изменение концентрации неосновных носителей заряда:

$$\frac{n_p}{n_{po}} = \exp \frac{e}{k_o \Delta T} (E_{a1} - E_{a2}) \approx 1,286$$

Сравнивая полученное в ходе измерения микротермо-ЭДС изменение концентрации носителей заряда с ранее полученным расчетным значением изменения концентрации, которое равнялось 1,26, видно, что оба значения хорошо согласуются между собой. Таким образом, на практике доказана справедливость разработанной расчетной методики и сделанных на ее основе предположений.

Полученные результаты можно объяснить образованием структурных дефектов в деформированных кристаллах, которые с помощью проведенных металлографических исследований были идентифицированы как дислокации. Так для деформированных кристаллов значение плотности дислокаций составило $\approx 2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$, в то время как для кристаллов, свободных от механических напряжений, эта величина составила $< 10^1 \text{ см}^{-2}$.

На основании двух проведенных экспериментов можно сделать вывод, что одной из причин изменения параметров полупроводников под действием механических напряжений является образование в них дислокаций, и, что внесенные дислокации оказывают значительное влияние на электрофизические свойства приборов, что, в следствии, зачастую приводит к параметрическим отказам приборов.

Список литературы

[1] Электронные свойства дислокаций в полупроводниках. Под ред. Ю.А. Осипьяна. – М.: Эдиториал УРСС, 2000.

[2] Адарчин С.А., Косушкин В.Г., Максимова Е.А. Методика расчета величин упругих напряжений в МЭМС датчиков давления // Тр. МГТУ № 587 «Методы исследования и проектирования сложных технических систем». – Москва. - 2004. - с.37-47.

[3] Адарчин С.А., Косушкин В.Г., Максимова Е.А. Механизмы деградации микроэлектромеханических структур датчиков давления // Тр. МГТУ № 587 «Методы исследования и проектирования сложных технических систем». – Москва. - 2004. - с.48-56.

Бережанский Иван Романович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: berezhanskiy.ivan@mail.ru

Адарчин Сергей Александрович - канд. техн. наук, доцент кафедры "Материаловедение" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: adarchin@rambler.ru

И.А. Расторгуев, Н.С. Лазарев, В.С. Зайончковский,
А.В. Скипер, Аунг Чжо Чжо

ИСПЫТАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО УЗЛА НАГРЕВА УСТАНОВКИ УВН-71-ПЗ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

При модернизации установок УВН-71-ПЗ может появиться необходимость в замене либо усовершенствовании узла нагревателя подложек, так как при модернизации установок часть термических источников (испарителей) заменяют на магнетроны. Штатный узел нагрева подложек представляет собой нагреватель, основанный на галогенной лампе типа КГГ-1000-220. Соответственно, под нее сконструирован и штатный блок питания установки, рассчитанный на мощность 1 кВт. При работе термического источника необходимый уровень вакуума составляет ($10^{-3} \div 10^{-4}$) Па. Такой уровень вакуума обеспечивает нормальную электрическую прочность штатного узла нагрева подложек. При работе магнетронного источника давление аргона в камере установки составляет обычно ($10^{-2} \div 1$) Па. При этом начинают происходить электрические пробои узла нагрева. Особенно низкое напряжение пробоя характерно для газа аргона, в соответствии с кривыми Пашена[1], которые приведены на рис. 1.

Гарантированным от электрических пробоев вариантом конструкции нагревателя является использование источника питания с максимальным напряжением менее 100 В в случае использования рабочего газа – аргона. Для понижения рабочего напряжения нагревателя используют нагреватели открытого типа – спирали из нихрома или листы из молибдена, что приводит к возможности появления посторонних частиц и паров металла в камере, и часто к невозможности использования блока питания установки УВН-71-ПЗ.

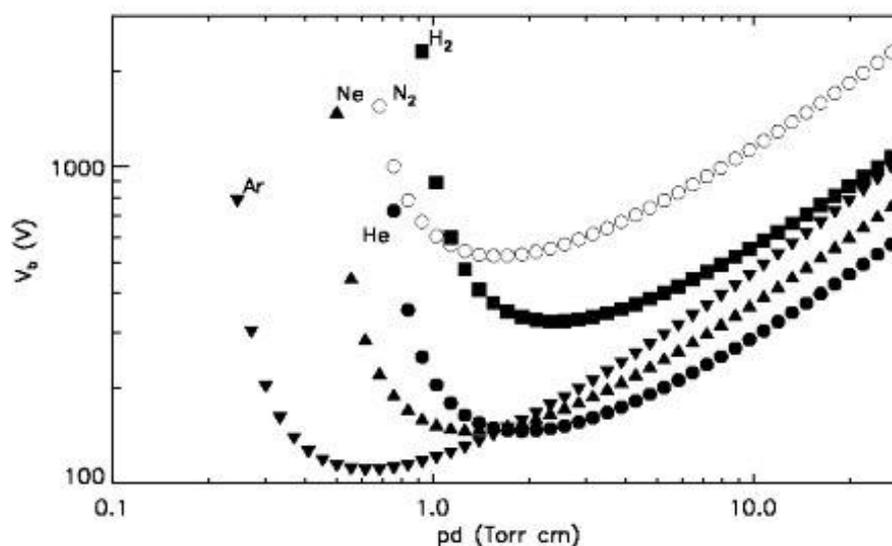


Рис. 1. График межэлектродного пробоя в зависимости от уровня вакуума, напряжения и состава газа. Кривые Пашена[1]

В нашей конструкции нагревателя размещены две лампы типа КГГ-1000-220 (рис. 2). Такая конструкция позволяет снизить напряжение питания ламп, уменьшить вероятность пробоя и существенно увеличить их долговечность, т.к. необходимая суммарная мощность составляет 1 кВт, и на каждую из ламп будет в максимуме приходиться только 500 Вт.



Рис. 2. Фото модернизированного термического источника с двумя нагревательными лампами

Измерения температуры карусели во время термических испытаний производились с помощью платинового терморезистора, градуировки 21. Данный терморезистор позволяет производить измерения температуры вплоть до 700°C . Было произведено два цикла замеров. Нагрев в каждом из замеров происходит при общей мощности ламп 1200Вт. По результатам двух замеров можно сказать, что максимальную температуру подложки принимают через 36 минут после начала нагрева. При напуске аргона необходимо обеспечить напряжение на нагревателе не выше 100 В (см. рис. 1.), что соответствует току 5.5 А и мощности нагрева 550 Вт. При проведении эксперимента мощность ламп была понижена до 240 Вт, для того чтобы гарантированно не происходило пробоя в камере (напряжение на лампах при этом составляет 60В, ток 4 А). Далее отключаем нагревательные лампы и следим за дальнейшим понижением температуры. Полученные показания приведены в виде графика на рис. 3.

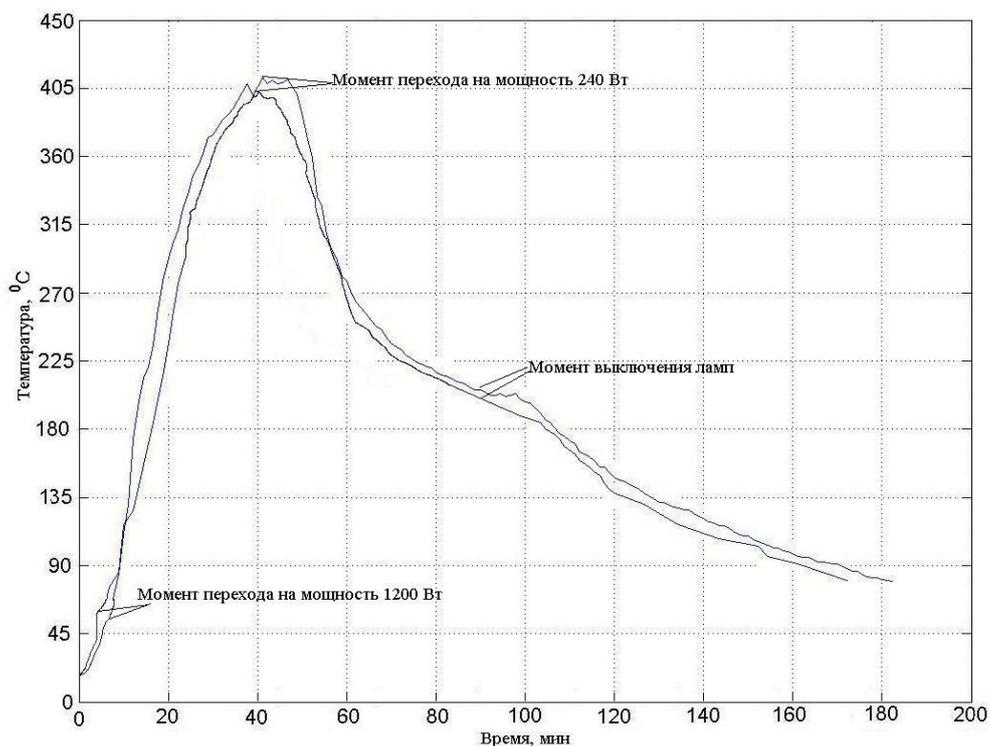


Рис. 3. График зависимости температуры внутри рабочей камеры от времени. Два цикла замеров

Выводы.

Были проведены испытания модернизированной установки УВН-71-ПЗ с модернизированным термическим источником, состоящим из двух нагревательных ламп типа КГГ-1000-220. Испытания показали работоспособность модернизированного термического источника. Построены графики зависимости температуры внутри рабочей камеры от времени нагрева.

Список литературы.

[1] Кривые Пашена. https://ru.wikipedia.org/wiki/Кривая_Пашена. (Дата обращения 28.03.16)

Расторгуев Илья Анатольевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: rastorguew94@gmail.com

Лазарев Николай Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: lazarevnikolay05@gmail.com

Зайончковский Вячеслав Станиславович - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vz48@post.ru

Скипер Андрей Владимирович - старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: skiper60@yandex.ru

Аунг Чжо Чжо - аспирант КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: akkyaw.bmstu.50@gmail.com

УДК 621.382

К.В. Попова

МЕХАНИЗМ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК SiO_2

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Значительное место в технологическом процессе изготовления полупроводниковых приборов и ИМС занимают термические операции, с помощью которых формируют диэлектрические, монокристаллические и поликристаллические слои на поверхности полупроводниковых пластин, а также диффузионные слои в приповерхностной области.

Для получения заданных параметров этих слоев и обеспечения требуемых производительности, воспроизводимости и качества процессов необходимо выбирать оптимальные режимы термических операций, использовать автоматизированное управление процессами и контроль их параметров.

При формировании слоев применяют различные методы, оборудование и рабочие среды.

Диэлектрические слои получают термическим окислением и азотированием, а также пиролитическим и плазмохимическим осаждением (ПХО) [1].

Предметом данной работы является процесс осаждения защитных пленок SiO_2 в условиях низкотемпературной плазмы.

Благодаря низкой температуре и высокой скорости процесса осаждения, а также обеспечению таких свойств, как адгезия, низкая плотность сквозных дефектов, хорошее перекрытие ступенек рельефа, приемлемые электрические характеристики, пленки нитрида и диоксида кремния, полученные стимулированным плазмой осаждением, хорошо подходят для пассивации металлов с низкой температурой плавления, например алюминия. Они также могут использоваться в качестве планаризирующих покрытий при нанесении в толстых слоях, диэлектрического разделительного слоя в системах многоуровневой металлизации, промежуточного слоя в многослойных резистивных масках, применяемых в литографии с высоким разрешением. Все это делает данный метод очень заманчивым для изучения.

На сегодняшний день перед производством на АО «Восход»- КРЛЗ стоит задача освоения данного метода и подбор оптимальных параметров для получения более качественного защитного покрытия, с целью увеличить выход годных изделий и производительность.

Последние результаты в области стимулированного плазмой осаждения металлов и силицидов показали перспективность применения этих процессов для создания проводящих элементов СБИС [2].

Принцип образования пленок при ПХО.

При ПХО процесс разложения кремнийсодержащих соединений активизируется высокочастотным (ВЧ) разрядом, образующим в газовой среде при пониженном давлении низкотемпературную кислородную плазму.

Преимущество плазмохимических установок - высокая производительность и низкая температура процесса осаждения благодаря высокой химической активности газов-реагентов, которая стимулируется газовым разрядом, поэтому сам метод назван плазмохимическим.

Кроме температуры, состава газовой смеси, ее расхода, давления, геометрии реактора на скорость осаждения влияют ВЧ-мощность, напряжение и частота, геометрия электродов и расстояние между ними.

Механизм образования пленок при ПХО состоит из трех основных стадий: образования в зоне разряда радикалов и ионов, адсорбции их на поверхности пленки SiO_2 и перегруппировки(миграции) адсорбированных атомов. Перегруппировка адсорбированных поверхностью атомов и стабилизация их положения представляют важную стадию роста пленки.

Одновременно с образованием пленки происходит десорбция продуктов реакции с поверхности [1].

В качестве исходных реагентов при получении диоксида кремния обычно используется силан и закись азота или кислород:



Плазменные процессы позволяют не только улучшить свойства пленок, но и получить уникальные композиции с важными свойствами.

Воздействие плазменного разряда.

Прежде чем перейти к рассмотрению процессов ПХО пленок материалов, целесообразно рассмотреть специфику воздействия плазменного разряда на химические реакции. Обычно выделяют три эффекта воздействия плазмы низкого давления на процессы осаждения слоев из газовой фазы [3]:

- 1) Кинетический эффект, при котором происходит увеличение скорости протекания реакций. Воздействие плазмы открывает возможность для новых реакций, в которых участвуют радикалы, ионы и электроны. Разряд с низкой плотностью тока $< 1 \text{ mA/cm}^2$, обычно достаточен для значительного увеличения скорости реакции.
- 2) Термодинамический эффект состоит в том, что в интенсивном плазменном разряде, с плотностью тока $> 100 \text{ mA/cm}^2$, преобладают обратные реакции с участием радикалов, присутствующих в газовой смеси [3]. При плазменном возбуждении реагентов равновесие системы сдвигается и слои осаждаются при меньших температурах.
- 3) Эффект воздействия плазмы на структуру материала. При осаждении тонких слоев в плазме подложки могут находиться либо под потенциалом, близким к потенциалу плазмы, либо при большом отрицательном смещении [3]. Воздействие плазмы на химическую реак-

цию состоит, с одной стороны, в ее ускорении, а с другой - во влиянии на структуру образующего слоя материала. Влияние плазмы на протекание процессов осаждения тонких слоев сводится не только к изменению механизмов протекания химических реакций в газовой фазе и на поверхности подложек, но и к изменению тех характеристик процесса, которые отвечают за профили концентрации реакционных частиц в объеме реактора, за равномерность и дефектность осаждаемых слоев.

Процесс осаждения защитных пленок SiO_2 .

Как уже было сказано, в настоящее время АО «Восход»- КРЛЗ только осваивает данный метод. Реализация происходит на установке осаждения «Изотрон 3-150». Она представляет собой вакуумируемую камеру с плоскопараллельными электродами, между которыми поддерживается ВЧ-разряд. Расстояние между ними 10 см (рис.1). Газы протекают в продольном направлении кварцевого реактора, при этом пластины расположены вертикально.



Рис.1. Электроды соединенные с графитовыми контактами загруженной в камеру кассеты

Преимуществом реакторов продольного типа с вертикальным расположением пластин рабочей поверхностью друг к другу являются большая загрузка пластин и снижение возможности образования порошка.

На данной установке можно получать пассивирующие слои оксида кремния, нитрида кремния и оксинитрида при температуре 200-500°С [4].

Основными факторами, влияющими на скорость осаждения и равномерность пленки, являются ВЧ-мощность, расход газа и давление в камере.

За время подбора оптимальных параметров использовали их разные комбинации. Применялся интервал температуры 200-300°С, давление изменялось от 70 до 100 Па. Пробовали добавлять к моносилану с закисью

азота кислород, но это не дало никакого эффекта. Также менялось соотношение моносилана к закиси азота: 1:2, 1:3, 1:3,5.

Процесс на АО «Восход»- КРЛЗ состоит из следующих операций.

Сформированная партия пластин перед загрузкой в реактор подвергается химической обработке.

Кассеты с подложками помещают на загрузчик, который затем перемещается в кварцевый реактор. Суммарное количество одновременно обрабатываемых подложек составляет 60 штук.

Основываясь на литературных источниках по получению пленок и проведенных исследованиях по осаждению оксида кремния плазмохимическим осаждением, установлены следующие значения:

- Давление в реакционной камере в процессе осаждения составляет $\sim 80 \pm 0,5$ Па, что обеспечивает устойчивость тлеющего разряда.
- Температурный режим $\sim 300^\circ\text{C}$.
- Время осаждения пленки составляет 1 час. Предварительно реактор откачивают и выдерживают его в течение 30-40 мин для стабилизации температуры в рабочей зоне. Весь процесс длится около 4 часов.
- Частота разряда 370 МГц.

Итак, производится откачка камеры на вакуум, продувка трубы нейтральным газом (азотом) и напуск реакционных газов, в качестве которых применяют соотношение моносилана к закиси азота как 1:3 (5%-й моносилан с аргоном и закись азота). В качестве основного окислителя используется закись азота так как она препятствует зародышеобразованию в газовой фазе и связанному с этим загрязнению подложки.

Высокочастотный блок подает напряжение между электродами и осуществляется ВЧ- разряд в струе реакционного газа, который возбуждает и нейтрализует частицы, осуществляя осаждение. Выращивается необходимая толщина диоксида кремния (0,8 мкм).

Система откачивается, продувается азотом и пластины выгружаются из рабочей камеры.

Травление для очистки реактора осуществляется тетрафторметаном (хладон 14, CF_4) и кислородом.

После выгрузки проводится оценка толщины защитной пленки и равномерность по пластине и по каналу.

Был проведен анализ зависимости толщины пленки оксида кремния от расположения в кассете. При этом рабочее давление в камере и состав газовой смеси, оставались постоянными.

Результаты последних наблюдений представлены ниже (рис. 2). Они учитывают то, что пластины в одной разрядной ячейке зеркально одинаковы. Погрешность измерений 0,02 мкм.



Рис. 2. График распределения толщины осажденного окисла по кассете

Толщина пленки возрастает к переднему фланцу реактора. Разброс толщины по реактору составляет 0,77-1.1 мкм, а целью процесса является достижение равномерной по пластине толщины окисла 0,8 мкм.

Дальнейший подбор параметров позволит добиться равномерности толщины пленки по пластине и в реакторе, но пока это не достигнуто, поэтому преимущества данного метода в сравнении с применяющимся на АО «Восход»- КРЛЗ методом пиролитического осаждения в установке «Оксин-3» не доказаны.

Список литературы

[1] Никифорова-Денисова С.Н. Термические процессы. 5-я кн. Москва, Изд-во Высшая школа, 1989, 96 с.

[2] Айнспрук Н., Браун. Д. Плазменная технология в производстве СБИС. Москва, Мир, 1987, 471 с.

[3] Данилина Т.И. Технология СБИС. Томск, Изд-во ТУСУР, 2007, 287 с.

[4] Черняев В.Н. Технология производства ИМС и микропроцессов. Москва, Изд-во Радио и связь, 1987, 376 с.

Попова Кристина Владимировна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: coolmause45@gmail.com

П.Н. Гавриченко, В.С. Зайончковский, В.Н. Коновалов,
Аунг Чжо Чжо

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОПОЛОГИИ МАГНЕТРОННОГО ИСТОЧНИКА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Одним из важнейших параметров для магнетронного источника, расплывающегося фактически любой материал в жидком или твердом состоянии, является топология магнитного поля, определяющая однородность по толщине осаждаемой пленки, адгезию осаждаемой пленки к подложке, величину и вид зоны эрозии на мишени.

Топологию магнитного поля от источников в виде постоянных магнитов можно рассчитывать в различных системах моделирования магнитного поля. Однако, в связи с тем, что не всегда известны параметры компонентов магнитных систем, возникает необходимость верификации топологии индукции магнитного поля. В этих условиях производят измерения индукции магнитного поля в определенных точках пространства и затем строят графики, отражающие величину индукции вдоль некоторых траекторий с аппроксимацией значений по точкам. Более информативным является применение сканеров магнитного поля. В КФ МГТУ реализован трехкоординатный сканер магнитного поля [1], с возможностью проведения измерения топологии магнитного поля в пределах 100 мм x100 мм x100 мм. В данной работе он применен для анализа топологии индукции магнитного поля макета магнитной системы магнетронного источника, которая представлена на рис. 1. На этом рисунке магнитная система показана без обоймы, фиксирующей магниты двух видов 1 и 2. На рис.1 показан также магнитопровод -3. При этом указана полярность источников магнитного поля. В данном макете использовались магниты из сплава Nd-Fe-B, диаметр цилиндров – 5 мм, высота 10 мм, высота прямоугольных призм – 4 мм, ширина 5 мм, длина 10 мм. Размеры магнитопровода из стали 45: диаметр 50 мм, толщина 10 мм. Известно [2], что магнетронные источники бывают сбалансированные и несбалансированные, причем в последнем случае – двух типов.

На рис. 2 представлена экспериментально снятая нормальная к направлению сканирования компонента индукции магнитного поля для магнитной системы при проведении сканирования в плоскости, перпендикулярной направлению, показанному на рис. 1 стрелкой.

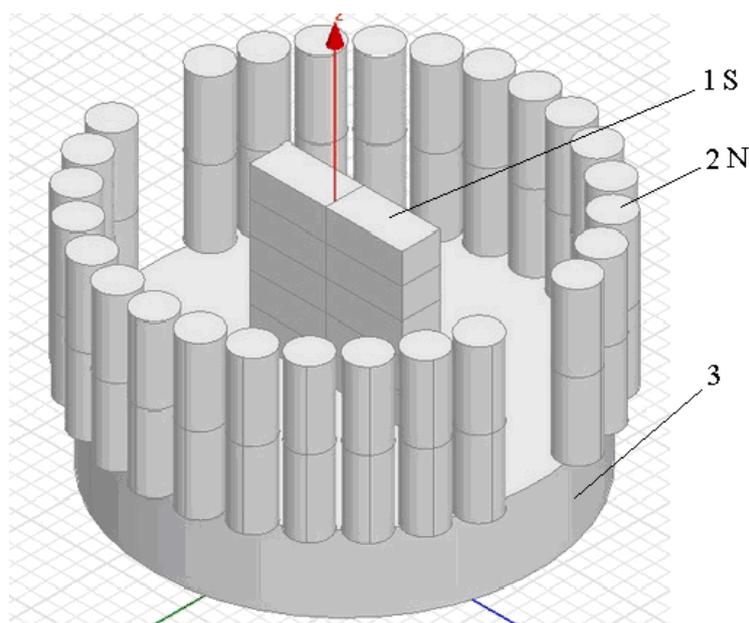


Рис. 1. В конструкции магнитной системы имеются два держателя – фиксатора центрального тела, поэтому имеют место два провала в магнитном поле

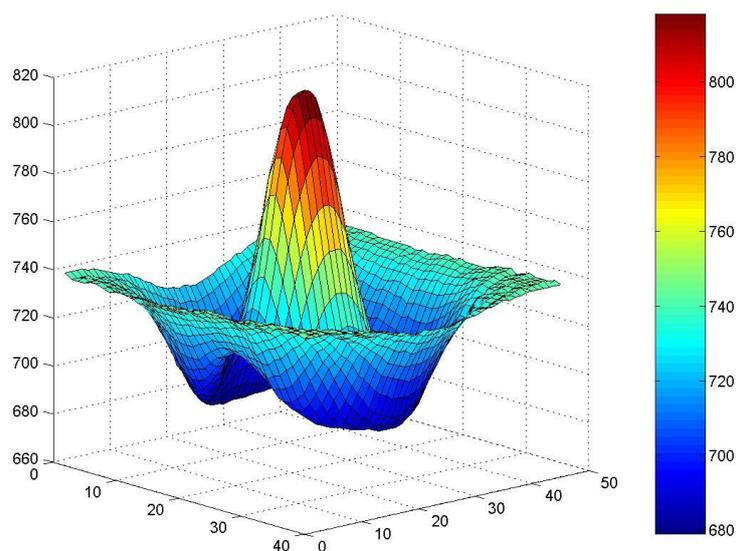


Рис. 2.

На рис. 3 представлено векторное поле магнитной индукции - один из результатов моделирования магнитной системы, представленной на рис.1. Картинки такого рода могут дать ответ на вопрос об оптимальности толщины и диаметра магнитопровода магнитной системы, что позволит оценить коэффициент использования магнитной энергии магнитной системы, а также определить магнитную энергию магнитной ловушки, в которой колеблются электроны во время магнетронного разряда.

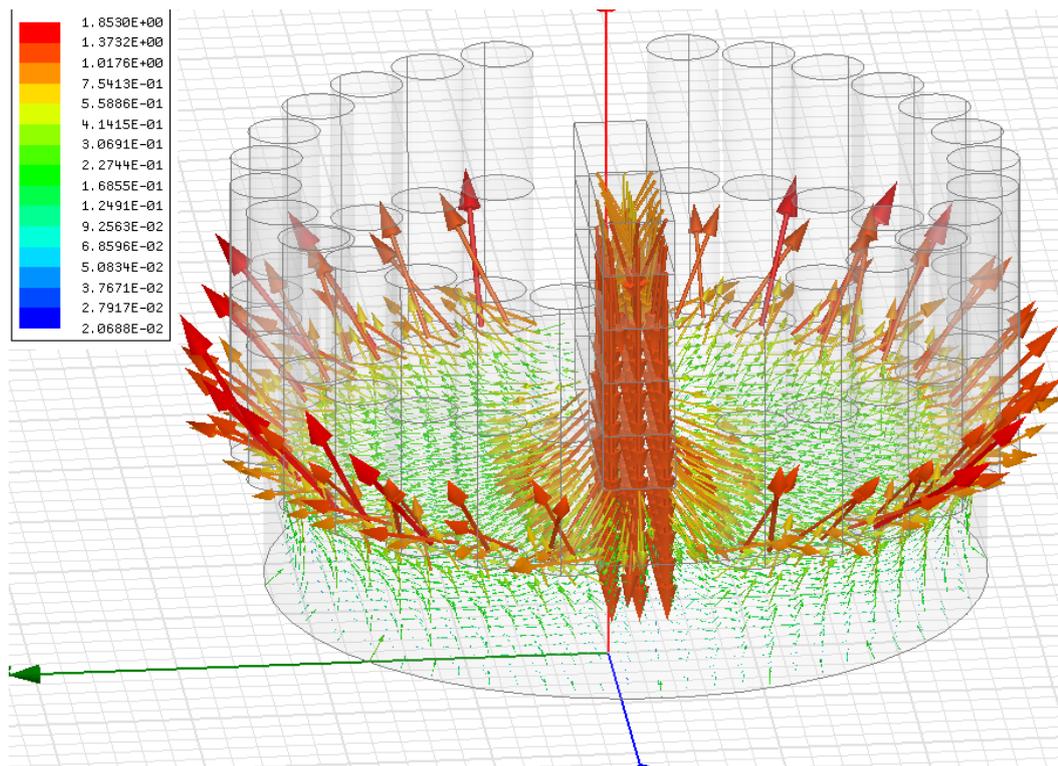


Рис. 3.

Выводы

Проведена сборка макета магнетронного источника. С помощью сканера магнитного поля определена топология сечения индукции магнитного поля в плоскости торца магнитной системы. Намечены пути сравнения результатов моделирования с результатами измерения топологии магнитного поля.

Литература

- [1]. <http://pandia.ru/text/79/146/92722.php> Способ и устройство для измерения трех компонент вектора индукции магнитного поля посредством автоматического сканирования
- [2] <http://www.elanpraktik.ru/technology/index.html>

Гавриченко Павел Николаевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ilmusic@bk.ru

Зайончковский Вячеслав Станиславович - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vz48@post.ru

Коновалов Владимир Николаевич - старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: v.konovalov@list.ru

Аунг Чжо Чжо - аспирант КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ak-kyaw.bmstu.50@gmail.com

Д.А. Романов, И.А. Прохоров, С.С. Стрельченко,
А.П. Большаков, В.Г. Ральченко

ОСОБЕННОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ CVD ПЛЕНОК ГЕРМАНИЯ И АЛМАЗА

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Деформации и напряжения, возникающие в эпитаксиальных структурах главным образом из-за несоответствия периодов кристаллических решеток сопрягаемых материалов, оказывают непосредственное влияние на рост, структуру, основные электрофизические параметры эпитаксиальных пленок и в значительной мере определяют деградационные процессы в полупроводниковых приборах, изготовленных на их основе [1]. Поэтому вопросы их диагностики в эпитаксиальных структурах играют в структурном отношении определяющую роль.

В настоящее время для этой цели широко используют рентгеноструктурные методы исследования, позволяющие, в отдельных случаях, получать детальную информацию о таких важнейших параметрах композиций, как величина несоответствия, уровень упругой и скачки пластической деформаций на границах раздела фаз даже в многослойных гетероструктурах [2]. Однако в ряде случаев использование существующих подходов изучения релаксационных процессов затруднено. В частности, это относится к эпитаксиальным структурам алмаза, которые в силу уникальных свойств этого материала (высокой твердости, химической и радиационной стойкости, высокой теплопроводности и т.д.) находят все более широкое применение в различных областях науки и техники. К сожалению, химическая инертность алмаза практически исключает возможность использования селективного травления для исследования реальной структуры этих кристаллов (за исключением может быть плазменного травления непосредственно в CVD реакторе [3]). Учитывая, что алмаз является кристаллографическим аналогом германия, можно ожидать, что процессы релаксации в этих материалах проходят схожим образом.

В настоящей работе проведены сравнительные исследования особенностей деформации гомоэпитаксиальных структур алмаза и германия, для которого такого рода методы исследования хорошо развиты. Выявлен ряд особенностей пластической деформации в этих материалах, обусловленных спецификой распределения упругих напряжений в эпитаксиальных структурах.

Методика эксперимента. Монокристаллические пленки алмаза получены методом осаждения из газовой фазы (chemical vapor deposition – CVD) на специализированном реакторе ARDIS-100 в плазме СВЧ разряда (частота 2.45 ГГц) в смесях метан-водород при температуре $T \sim 950^\circ\text{C}$ [4]. В качестве

подложек для осаждения CVD слоев использовали пластины ориентации {001} с линейными размерами $\sim 5 \times 5 \text{ мм}^2$ и толщиной (0.5 – 0.9) мм, изготовленные из монокристаллов алмаза типа Ib, выращиваемых в аппаратах высокого давления (метод НРНТ - high pressure, high temperature). Скорость роста составляла около 9 мкм/час.

Гомоэпитаксиальные пленки германия толщиной $t \sim 20 \text{ мкм}$, легированные бором до концентрации $\sim 8 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, были выращены газотранспортным методом в хлоридной системе при температуре $T \sim 820^\circ\text{C}$ на подложках из германия марки ГДГ – 3. Послойное изменение толщины образцов осуществляли полирующим химическим травлением со стороны эпитаксиальной пленки, толщина контролировалась индикатором с точностью $\pm 1 \text{ мкм}$.

Исследования методами двухкристальной рентгеновской дифрактометрии и топографии проводили на двухкристальном рентгеновском дифрактометре в $\text{CuK}_{\alpha 1}$ излучении. Для расширения пучка и формирования почти плоской волны использовали сильно асимметричное отражение 511 от монокроматора из высокосовершенного бездислокационного германия марки ГДГ-3 (угол Брэгга $\theta \sim 45.0^\circ$, фактор асимметрии отражения $b \sim 0.01$, расходимость пучка после монокроматора составляет $\sim 0.5''$). Исследования пластин алмаза проводили в отражении 113 (угол Брэгга $\theta \sim 46.0^\circ$), хорошо согласующемся по межплоскостному расстоянию с отражением 511 от германия. Радиус кривизны пластин определяли с использованием двойной щели по методике [5] с чувствительностью до $R \sim 500 \text{ м}$. При топографических исследованиях использовали щель шириной $\square 0.5 \text{ см}$.

Результаты и их обсуждение. Проведенные нами рентгенодифракционные исследования CVD пленок алмаза высокого оптического качества (прозрачных, бесцветных), отделенных от подложек, выявили ряд структурных особенностей образцов, сформировавшихся в процессе их получения. Прежде всего, следует отметить значительный изгиб ряда исследованных пластин. В качестве примера на рис. 1а, приведена двухкристальная топограмма образца ВОТ64/21-2CVD, полученная с низким разрешением при расположении рабочей точки вблизи дальнего склона кривой качания. При падении широкого пучка, полностью омывающего образец, в отражении участвует лишь узкая область кристалла (показана стрелкой), что, предположительно, свидетельствует о деформации (изгибе) пластины. О наличии изгиба образца свидетельствует также большая ширина кривой дифракционного отражения и ее существенная зависимость от размера облучаемой области образца (полуширина $\Delta\omega_{1/2} = 29.4''$ при размере пятна $0.5 \times 0.25 \text{ мм}^2$, полуширина $\Delta\omega_{1/2} = 255''$ при топографическом режиме с полным омыванием образца пучком). По измерению с использованием двойной щели по методике [5] радиус кривизны пластины составил $R \sim 4.1 \text{ м}$ (Рис. 1б), что совпало с результатами измерений на оптическом профилометре (ZYGO NewView 5000).

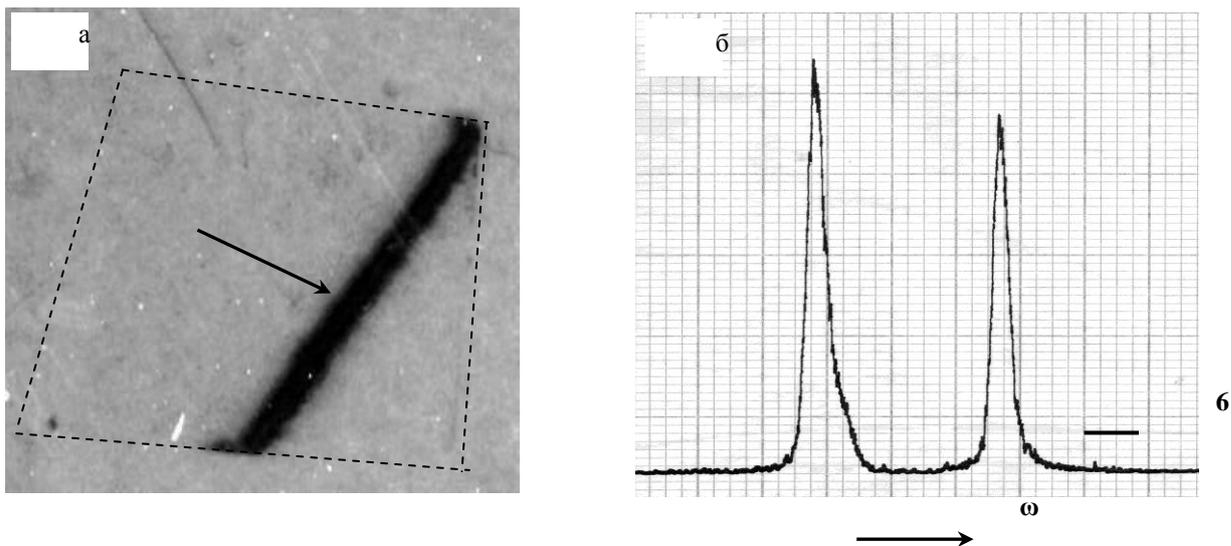


Рис. 1. (а) Топограмма CVD пленки (образец ВОР64/21–2CVD), отделенной от НРНТ подложки, снятая с низким разрешением в широком пучке. Пунктиром показана форма образца. Из-за значительного изгиба образца в отражающем положении находится лишь узкая область образца, показанная стрелкой
 (б) Двухкристальная кривая качания, полученная с использованием двойной щели (расстояние между пучками 2 мм). Угловое расстояние между пиками $\Delta\omega = 190''$ соответствует радиусу кривизны пластины $R = 4.1$ м

С целью установления причины изгиба однородной по составу нелегированной пленки алмаза рассмотрим особенности распределения упругих напряжений в двухслойных структурах, отличающихся периодом кристаллической решетки подложки и пленки. В исследуемых структурах несоответствие периодов связано, с различием в концентрации основной примеси – азота, в пленке (более чистый материал) и в подложке, где содержание азота может достигать 0.5 ат % ($\sim 10^{21}$ см⁻³). По аналогии с подходом [6], развитым Тимошенко для расчета термоупругих напряжений в тонкой изотропной пластине, можно записать следующее уравнение, описывающее распределение упругих напряжений в эпитаксиальных структурах с произвольным распределением состава (периода решетки) по толщине:

$$\sigma_{xx} = 0, \sigma_{yy}(x) = \sigma_{zz}(x) = \sigma(x);$$

$$\sigma(x) = -\frac{2G(1+\nu)}{1-\nu} \left[f(x) - \frac{1}{2h} \int_{-h}^h f(x) dx - \frac{3x}{2h^3} \int_{-h}^h f(x)x dx \right] \quad (1)$$

где G – модуль сдвига, ν – коэффициент Пуассона, $f(x) = \Delta a(x)/a$ – относительное изменение величины несоответствия по толщине пластины, $2h$ – толщина эпитаксиальной структуры. Плоскость yz координатной системы расположена в центральной по толщине плоскости эпитаксиальной структуры, а направление x перпендикулярно ее поверхности.

При однородном распределении примеси в эпитаксиальной пленке напряжения в структуре распределены следующим образом:

$$\sigma_{xx} = 0, \sigma_{yy}(x) = \sigma_{zz}(x) = \sigma(x);$$

напряжения в пленке:

$$\sigma_{пл}(x) = -\sigma_{\max} \left[1 - \frac{t}{2h} - \frac{3tx}{2h^2} \left(1 - \frac{t}{2h} \right) \right]; \quad (2)$$

напряжения в подложке:

$$\sigma_{подл}(x) = -\sigma_{\max} \left[\frac{t}{2h} + \frac{3tx}{2h^2} \left(1 - \frac{t}{2h} \right) \right], \quad (3)$$

где t – толщина эпитаксиальной пленки.

$$\sigma_{\max} = 2G(1+\nu)f/(1-\nu)$$

В общем случае распределение напряжений в эпитаксиальной структуре имеет следующие особенности (рис. 2):

а) изменение величины и знака напряжений при переходе через границу раздела пленка – подложка с координатой $x_i = h - t$;

б) изменение знака напряжений при переходе через плоскость нулевой деформации подложки (нейтраль m) с координатой $x_m = -h / 3(1-t/2h)$, определяемой из условия $\sigma_{подл}(x_m) = 0$;

в) изменение знака напряжений при переходе через плоскость нулевой деформации в пленке (нейтраль n) с координатой $x_n = 2h^2/3t$, удовлетворяющей условию $\sigma_{пл}(x_n) = 0$. Нейтраль в эпитаксиальной пленке появляется при $t > c/2$ (c – толщина подложки).

Наличие особых точек на профиле распределения упругих напряжений по толщине эпитаксиальной структуры и изменение положения нейтралей m и n с ростом t необходимо учитывать при рассмотрении особенностей формирования дислокационной структуры эпитаксиальных слоев, поскольку в этих областях происходит скопление дислокаций независимо от способа их образования в эпитаксиальных структурах. Кроме того, при изменении знака напряжений изменяется знак, а в кристаллах со структурой сфалерита происходит изменение типа $\alpha \leftrightarrow \beta$, образующихся дислокаций [7].

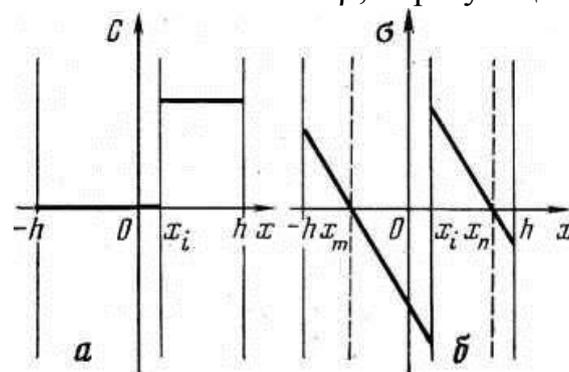


Рис. 2. Схема распределения концентрации примеси $C(x)$ (а) и упругих напряжений $\sigma(x)$ (б) в двухслойной структуре пленка–подложка

Таким образом, в результате релаксации упругих напряжений в эпитаксиальных структурах формируется достаточно сложное распределение дислокаций, обусловленное неоднородной по толщине пластической деформацией [7]. Это, в частности, проявляется в остаточном изгибе первоначально однородных неизогнутых подложек Ge после стравливания эпитаксиальной пленки (Рис. 3).

Наличие остаточного изгиба подложки после стравливания пленки, и сложный характер изменения кривизны подложки при ее дальнейшем послойном утонении свидетельствует о значительных пластических изменениях, прошедших в первоначально однородной неизогнутой подложке. Из-за неоднородного по толщине пленок распределения дислокаций аналогичные процессы должны проходить и в пленках при получении слоев значительной толщины.

Таким образом, полученные результаты по особенностям протекания релаксационных процессов в эпитаксиальных структурах германия, являющегося кристаллографическим аналогом алмаза, можно использовать при анализе структурных особенностей гомоэпитаксиальных CVD пленок алмаза, которые в силу своей химической стойкости практически не поддаются металлографическому анализу.

На Рис. 4 представлена топограмма поперечного (110) среза двухслойной структуры алмаза CVD/HPHT. Отчетливо наблюдается формирование пучков дислокаций на интерфейсе пленка-подложка, обусловленное, очевидно, релаксацией упругих напряжений, возникающих в системе из-за несоответствия в периодах решеток подложки и пленки.

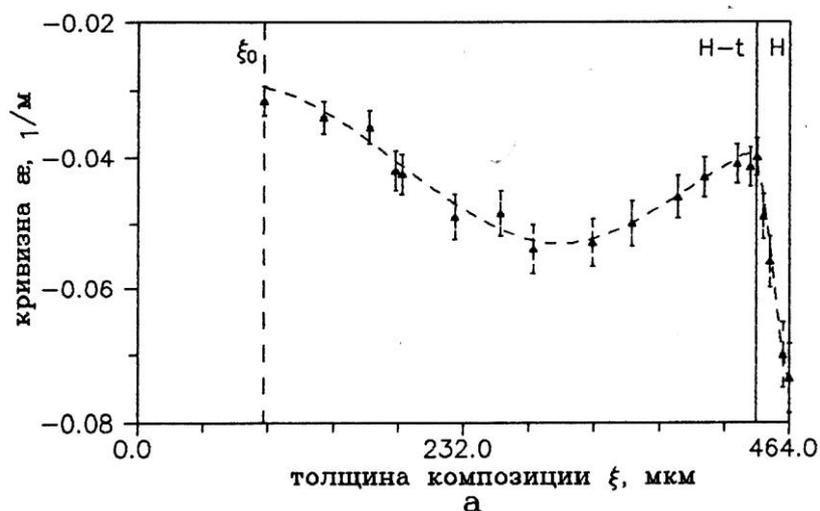


Рис. 3. Изменение кривизны $1/R$ эпитаксиальной структуры германия при послойном стравливании со стороны пленки. Стравливание осуществляется послойно до толщины $\xi = \xi_0$, минимальное значение которой ограничено разрушением образца или невозможностью надежного определения его кривизны при меньших толщинах

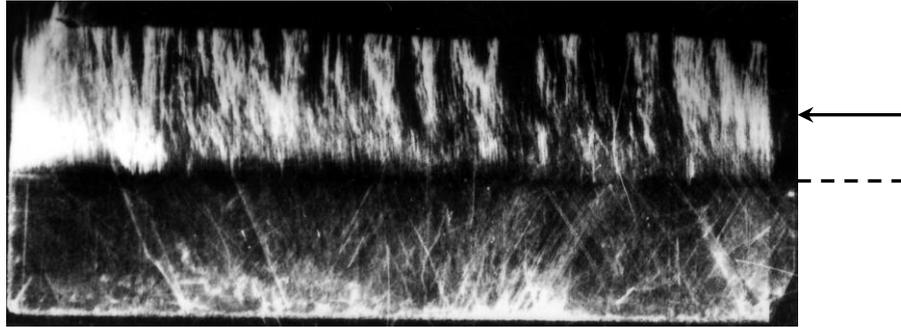


Рис. 4. Двухкристальная рентгеновская топограмма поперечного (110) среза двухслойной структуры алмаза CVD/HPHT. $\text{CuK}_{\alpha 1}$ излучение, $\omega_{\text{В}}$ геометрия дифракции, отражение 113. Пунктиром отмечена граница раздела пленка-подложка. Толщина подложки (снизу) $s = 560$ мкм, толщина пленки $t = 620$ мкм. Стрелкой показана область изменения знака упругих напряжений (нейтраль) в пленке. В этой области выявляются слабо выраженные особенности в распределении дислокаций

Оценочные расчеты положения особых точек на профиле распределения упругих напряжений по толщине исследованной двухслойной структуры алмаза, выполненные с использованием уравнений (1) и (2), дали следующие результаты:

$x_n = 2h^2 / 3t = 374$ мкм – примерное положение нейтрали в пленке, если пренебречь релаксационными процессами. Изменение знака напряжений в пленке происходит при толщинах пленок, примерно равных половине толщины подложки. В этой области должны наблюдаться особенности дислокационной структуры. В рассматриваемом случае $s = 560$ мкм, $s/2 = 280$ мкм. На Рис. 3 на этом расстоянии от интерфейса пленка-подложка (пунктирная линия) действительно наблюдается слабо выраженная особенность в распределении дислокаций на рентгеновской топограмме.

Таким образом, наблюдаемые особенности в распределении дислокаций по толщине эпитаксиальной структуры алмаза находятся в соответствии со спецификой распределением упругих напряжений в двухслойных структурах.

Выводы. Проведенные исследования эпитаксиальных CVD пленок германия и алмаза показали, что наличие остаточного изгиба подложек (после удаления пленки) и эпитаксиальных пленок, отделенных от подложек, обусловлено особенностями пластической деформации в знакопеременном поле упругих напряжений, возникающих в структурах из-за несоответствия в периодах кристаллических решеток подложки и пленки. При выращивании толстых пленок даже небольшое несоответствие в периодах решеток может привести к значительным, неоднородным по толщине, пластическим изменениям в материале с существенным повышением плотности дислокаций. Для получения неизогнутых CVD пленок алмаза следует использовать безазотные подложки, изготовленные из алмаза группы IIa.

Список литературы.

- [1]. Мильвидский М. Г., Освенский В. Б. Структурные дефекты в эпитаксиальных слоях полупроводников. М.: Металлургия, 1985. 159 с.
- [2]. Хапачев Ю. Я, Чуховский Ф. Н. Деформации и напряжения в многослойных эпитаксиальных кристаллических структурах. Рентгенодифракционные методы их определения. // Кристаллография. 1989. Т. 34. № 3. С. 776-800.
- [3]. Tallaire A., Achard J., Brinza O., Mille V., Naamoun M., Silva F., Gicquel A. Growth strategy for controlling dislocation densities and crystal morphologies of single crystal diamond by using pyramidal-shape substrates. // Diamond & Related Materials. 2013. V. 33. P. 71–77.
- [4]. Большаков А.П., Ральченко В.Г., Польский А.В., Конов В.И., Ашкинази Е.Е., Хомич А.А., Шаронов Г.В., Хмельницкий Р.А., Заведеев Е.В., Хомич А.В., Сovyк Д.Н. Синтез монокристаллов алмаза в СВЧ плазме. // Прикладная физика. 2011. Т. 6. С. 104-110.
- [5]. Прохоров И.А., Захаров Б.Г. Рентгенодифракционные исследования особенностей релаксации и распределения макронапряжений в эпитаксиальных структурах. // Поверхность. Рентген., синхротр. и нейтрон. исслед. 1999. №2. С. 106-109.
- [6]. Тимошенко С. П. Гудьер Дж. Теория упругости. М.: Наука, 1973. 560 с.
- [7]. Маньшин В.С., Прохоров И.А., Кунакина О.Н., Захарова Т.А. Определение остаточных напряжений в пластически деформированных эпитаксиальных композициях. // Кристаллография. 1992. Т. 37, вып. 5. С.1287-1297.

Романов Даниил Алексеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Oxly13@mail.ru

Прохоров Игорь Алексеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: igor.prokhorov@mail.ru

Стрельченко Станислав Сергеевич - д-р техн. наук, профессор кафедры "Материаловедение" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: stas40@kaluga.ru

Большаков Андрей Петрович - канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник ФГБУН Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». E-mail: bolshak@ran.gpi.ru

Ральченко Виктор Григорьевич - канд. физ.-мат. наук, заведующий лабораторией ФГБУН Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». E-mail: ralchenko@nsc.gpi.ru

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ СОЕДИНЕНИЯ КРЕМНИЕВЫХ И СТЕКЛЯННЫХ ПЛАСТИН

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

МикроЭлектроМеханические Системы или сокращенно МЭМС - это множество микроустройств самых разнообразных конструкций и назначения, производимых сходными методами с использованием модифицированных групповых технологических приемов микроэлектроники. Объединяет их два признака. Первый – это размер, второй – наличие движущихся частей и предназначение к механическим действиям. Это могут быть: миниатюрные детали, микроинструменты, микромашины, микророботы, микродатчики и исполнительные устройства. [1]

Современные МЭМС, выполненные наподобие ИС, представляют собой сформированные на единой подложке датчики, актюаторы, схемы управления с размерами элементов от нескольких сотен до нескольких единиц микрон. Но в отличие от микросхем, МЭМС, как правило, имеют трехмерную структуру. [1]

Соединение деталей МЭМС при изготовлении этих устройств требует тщательной подготовки и является самостоятельной задачей, решаемой при изготовлении различных МЭМС. Незначительное смещение кристалла может привести к нарушению нормального функционирования прибора.

Базовым материалом для микромеханических приборов, как и для полупроводниковых приборов, служит кремний. Это объясняется наличием на рынке кремниевых пластин высокой степени чистоты и кристаллографического совершенства. К тому же монокристаллический кремний известен своими превосходными механическими характеристиками. [1]

В данной работе изложены результаты выполненных исследований по разработке технологии сборки чувствительных элементов и деталей конструкций макетных образцов МЭМС.

Анодное сращивание

Эффективным методом соединения деталей МЭМС является электростимулированное термическое соединение, или анодное сращивание, позволяющее соединять детали из различных материалов [2].

Метод анодного сращивания основан на соединении материалов: полупроводника и щелочесодержащего стекла с ионной проводимостью. На рис.1 представлена схема устройства для проведения процесса анодного сращивания. В соответствии со схемой сращиваемые детали 1 и 2 в специальной кассете 3 устанавливаются на нагреватель 4. Через систему электродов на детали подается потенциал от источника высокого напряжения 5. Контроль процесса сращивания осуществляется путем измерения тока высокого напряжения 6.

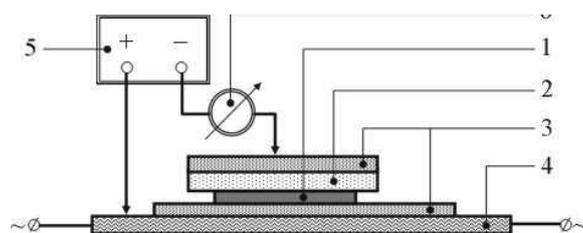


Рис. 1. Схема устройства для процесса анодного сращивания: 1 - кремниевая пластина; 2 - стеклянная плата; 3 - кассета для сращивания; 4 - нагреватель; 5 - источник высокого напряжения; 6 – миллиамперметр

Для проведения анодного сращивания нами выбрано стекло ЛК-105, температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) которого идентичен кремнию. Это стекло обладает высокими поляризационными свойствами, что положительно влияет на качество сращивания с кремниевыми пластинами.

Основываясь на литературных источниках и проведенных исследований по анодному сращиванию, были установлены следующие режимы сварки:

- Для лучшего физического контакта пластин, прижимной контакт выбрали весом 300 г.
- Достижение вакуума подколпачного устройства до $5 \cdot 10^{-5}$ мм.рт. ст.
- Температурный режим $\sim 400^{\circ}\text{C}$.
- Рабочее напряжение 1000В.
- Время процесса сращивания 15 минут.

Перед сращиванием, поверхность пластины необходимо обработать для успешного соединения кремния со стеклом.

Следует отметить, что требование высокой плотности физического контакта свариваемых деталей, может быть удовлетворено использованием в качестве промежуточной механической операции - шлифовки, в качестве финишной - полировки.[5]

После, пластины в специальной таре устанавливают на подогревной столик вакуумной установки УВН2М-2. Чтобы максимально сблизить поверхности друг с другом, устанавливаем прижимной контакт в центр высоковольтного электрода.

После того, как достигли заданного уровня вакуума внутри корпуса, включаем нагрев столика с контролем температуры по термопаре.

Затем подаем напряжение 1000В. Процесс проводим в течении 15 минут. Отключаем нагрев столика и охлаждаем пластины до 50°C в течении 50 минут.

Завершающей операцией является контроль качества сварки. Качество сращивания достаточно достоверно идентифицируется при визуальном наблюдении по изменению контраста изображения в области сращивания.

Диффузионная сварка

Существует так же такой метод диффузионной сварки. Этот метод обеспечивает высокую надежность соединения, прежде всего статическую и динамическую прочность, термостойкость, вакуумную плотность, а также высокие упругие свойства [6].

Режимы сварки:

- Для лучшего физического контакта пластин, прижимной контакт выбрали весом 1300 г.
- Достижение вакуума подколпачного устройства до $5 \cdot 10^{-5}$ мм.рт. ст.
- Температурный режим $\sim 550^{\circ}\text{C}$.
- Время процесса сращивания 40 минут.

Перед сращиванием, пластины обрабатывают в 30%-ом растворе КОН. Затем, на подогревном столике укладываем пластины и устанавливаем груз. На установке УВН2М-2 проводим сращивание.

Следует отметить, что температура является важнейшим параметром диффузионной сварки. Она ускоряет перераспределение атомов при сближении отдельных микроучастков контактной поверхности, способствует устранению различного рода несовершенств структуры поверхности в зоне сварки в процессе возврата и рекристаллизации.[7]

По истечении 40 минут, отключается нагрев столика и проводится охлаждение пластины струей обеспыленного воздуха до 50°C в течении 50 минут.

Завершающей операцией является контроль качества сварки. Качество сращивания можно проверить с помощью граммометра, прикладывая сдвигающее усилие к торцу кристалла.

Заключение

Исходя из исследований и проведенных экспериментов можно сделать вывод, что анодное сращивание является наиболее эффективным методом соединения кремниевых и стеклянных пластин. Благодаря подачи высокого напряжения можно значительно уменьшить вес прижимного контакта, что позволяет уменьшить деформацию пластин. При диффузионной сварке приходится прикладывать большие нагрузки к пластине, придавливая его к подложке, вследствие чего может произойти разрыв мембраны и выход негодного изделия. Так же, еще одним преимуществом является небольшая длительность технологической операции (не превышающая 60-ти минут) и простота реализации процесса.

Список используемой литературы

[1] Васенков А. А. «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес», № 5-6, 1998 г., с. 55-59.

[2] Тимошенко С.П., Бойко А.Н, Симонов Б.М., Заводян А.В. Методы сборки и монтажа макетных образцов микроэлектромеханических систем. Изв. Вузов. Электроника, 2010, №4.

[3] Хоменко Н.Н. Использование свойств стекла при присоединении его с кремнием в сильных электрических полях. В сб.: Электронная техника, серия 6, 1982, вып. 2, с. 61-64.

[4] Хоменко Н.Н. Получение кремниево-коваровых соединений в полупроводниковых датчиках. – Автоматическая сварка. 1981, № 7, с.73-74.

[5] Бачин В. А. Диффузионная сварка стекла и керамики с металлами. М.: Машиностроение., 1986, -184 с.

Белоусова Екатерина Викторовна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: belka.18@mail.ru

Д.М. Островский, С.А. Адарчин, В.Г. Косушкин

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Российский рынок современных приборов силовой электроники более чем на 95% занят ведущими мировыми производителями: Infineon Technology (Еupec), Semikron, ABB Semiconductors, International Rectifier, Mitsubishi Electric, Toshiba Semiconductors, Hitachi, Fuji. Такая же картина с современными активными (микроэлектронными) и пассивными элементами для устройств силовой электроники. Не лучше ситуация и на рынке конечных устройств силовой электроники, особенно на рынке промышленных приводов переменного тока.

Отечественная промышленность в настоящее время выпускает только номенклатуру традиционных приборов силовой электроники — диодов, тиристоров, биполярных транзисторов. В последние годы было освоено производство запираемых тиристоров (ОАО «Электровыпрямитель», г. Саранск и ЗАО «Протон - Электротекс», г. Орел) и силовых полевых транзисторов с изолированным затвором (ОАО «ВЗПП», г. Воронеж, з - д «Транзистор», г. Минск). На ОАО «Электровыпрямитель» ведутся работы по созданию GCT (IGCT), освоено производство силовых IGBT - модулей паяной конструкции по лицензии НПП «ИНЭЛС» (г. Москва) с использованием импортных кристаллов IGBT и FRD производства фирм Infineon-Technology (Siemens) или ABBSemiconductors[1].

Поэтому необходима разработка конкурентоспособных способов производства подложек, получивших название Direct Copper Bonding (DCB) в условиях отечественных предприятий. Применение толстопленочной технологии, стандартной для целого ряда отечественных предприятий позволит достигнуть технических параметров, соизмеримых с параметрами подложек, предлагаемых сегодня на международном рынке и значительно снизить цену[2]. Не мало важным при этом остается и вопрос обеспечения импортозамещения, который одновременно решается.

Силовая электроника широко распространена в различных областях народного хозяйства. От бытовой и автомобильной техники до авионики необходимы высокоэффективные интеллектуальные системы энергообеспечения, показывающие высокую экономическую эффективность. Целью нашей работы была разработка технологии производства подложек для силовой электроники с параметрами, сравнимыми с DCB на базе толстопленочной технологии.

Для достижения поставленной задачи было необходимо подобрать дешевый толстопленочный материал, способный обеспечить высокую электропроводность и надежность при условии низкой цены, разработать

технологии его применения и определить параметры получаемых подложек. Перспективы этого метода обусловлены наличием в России производственного оборудования и специалистов, способных обеспечить весь комплекс требований, предъявляемых к предлагаемой технологии.

В качестве материалов для подложек силовой электроники была выбрана алюмонитридная керамика и толсто пленочная проводниковая паста на базе меди. Пасты, в зависимости от назначения, делятся на проводящие, резистивные и диэлектрические. Для контактных площадок применяются дополнительные покрытия припойными пастами, неподлежащими вжиганию. Пасты состоят из наполнителя, определяющего свойства данной пасты, связующего и растворителя, обеспечивающего нужную консистенцию. На очищенные подложки был нанесен слой медной пасты, произведенной фирмой HERAEUS, трафаретным методом и толщиной 34 микрона.

Выбор этих материалов обусловлен тем, что алюмонитридная керамика обладает высокой теплопроводностью и сравнительно хорошими механическими свойствами по сравнению с другими керамиками [3]. В классической толсто пленочной технологии применяются проводниковые пасты на базе драгоценных металлов. Этот факт обуславливает и основные параметры получаемых отпечатков по классической технологии. Основными требованиями к проводникам, получаемым по классической технологии была величина адгезии отпечатка и минимальная толщина, что обусловлено высокой стоимостью исходных материалов. Предложенный в ходе выполнения работы вариант толсто пленочной пасты на базе меди позволит решить проблему обеспечения высокой электропроводности за счет использования отпечатков большой толщины. Вместе с тем, применение такого материала может внести ряд затруднений в классическую толсто пленочную технологию. Медь в отличие от драгоценных металлов подвержена окислению при температурах вжигания паст, которые могут достигать 900 °С. Решение проблемы окисления так же стало одной из задач настоящей работы.

Разработка технологии изготовления подложек. В качестве базовой технологии была взята классическая толсто пленочная технология, приведенная в работе [4]. Для устранения эффекта окисления было предложено в лабораторных условиях проводить вжигание толсто пленочной пасты в кварцевой капсуле, заполненной инертным газом. В настоящее время за счет дешевых способов получения азота этот газ стал применяться во многих технологических процессах. По этой причине в качестве инертного газа был выбран азот.

Предварительная подготовка алюмонитридных подложек включала в себя очистку поверхности от загрязнений и термообработку.

Качество подготовленной поверхности контролировалось визуально с помощью микроскопа. Толсто пленочная технология позволяет многократное нанесение отпечатков для получения необходимых толщин проводников, обеспечивающих требуемую теплопроводность. Кроме того, нанесение слоев допускается с двух сторон подложки, что позволит изготавливать теплоотводящие слои.

Классические толсто пленочные пасты имеют незначительную вязкость, что обеспечивает малую толщину отпечатков [4]. В случае силовой электроники это требование является противоречивым. Было предложено применение паст с высокой вязкостью [2]. Обычно метод трафаретной печати позволяет получать проводящие линии и промежутки между ними 125... 150 мкм при использовании сетчатых трафаретов.

По методике, приведенной в нашей предыдущей работе [5] была изготовлена партия подложек.

Таблица 1. Пробы по вжиганию специальной пасты в алюмонитридную керамику

№п/п	T ⁰ С вжигания	Время вжигания (мин)	Расход азота л/мин	Адгезия (Н)
1	950	12	5	17-19

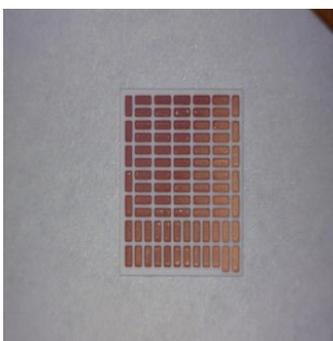


Рис. 1. Полученные образцы

К полученным образцам припаявалась медная проволока толщиной 0,7 мм. Точность динамометра составила $\pm 0,5$ %.

На рисунке 2 приведены результаты измерения адгезии отпечатков к поверхности керамики. Необходимо отметить, что полученные результаты полностью соответствуют требованиям к адгезии проводниковых слоев как в классической технологии, так и в DCB.

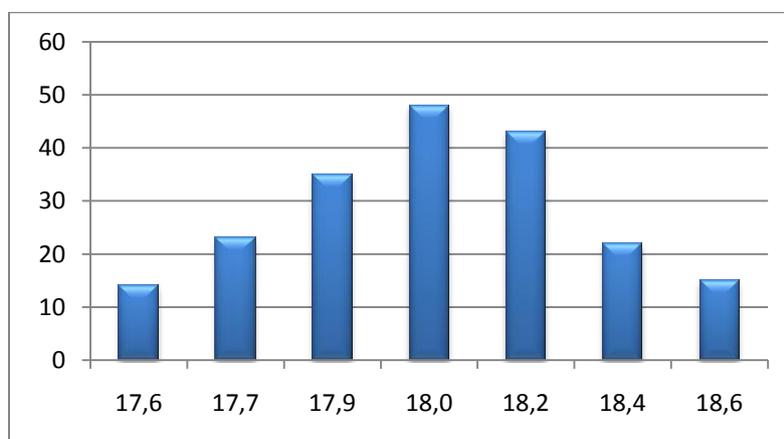


Рис. 2. Гистограмма распределения значений адгезии медной пасты к подложке, Н

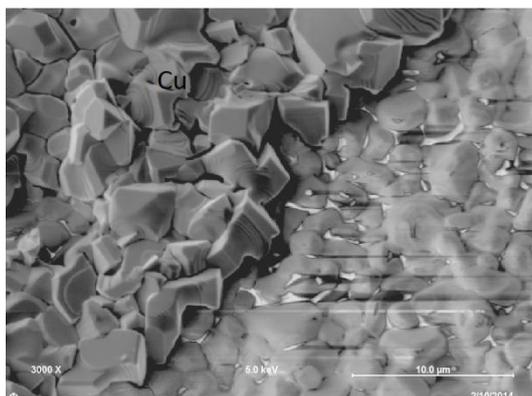


Рис. 3. Граница отпечатка под микроскопом

Вывод. Была изготовлена опытная партия изделий для которой:

- получен уровень адгезии, составивший 18Н;
- время вжигания, которое составляет 12 мин.;
- температура вжигания равная 950 С;
- расход инертного газа составил 5 л/мин.

Список литературы

[1] Станислав Флоренцев. *Современное состояние и прогноз развития приборов силовой электроники*. Современные технологии автоматизации, 2004 г., №2, 20-30с.

[2] *Разработка способа получения металлокерамических подложек для приборов силовой электроники. Молодежная конференция ИННО-СТАРТ - 2014. Тезисы итогового мероприятия по Программе "Участник молодежного научно - инновационного конкурса 2014"*. Обнинск, 13 - 14 ноября 2014 г., 80 с.

[3] Медведев А. М. *Печатные платы. Конструкции и материалы*. Москва, Техносфера, 2005, 304 с.

[4] Коледов Л. А. *Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебник для вузов*. Москва, Радио и связь, 1989. 400 с.

[5] *Толсто пленочная технология, как инструмент создания силовой электроники. Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы Региональной научно-технической конференции. 22-25 апреля 2014 г. Т. 2. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014 г., 254 с.*

Островский Дмитрий Петрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: blackswan.94.klg@gmail.com

Адарчин Сергей Александрович - канд. техн. наук, доцент кафедры "Материаловедение" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана E-mail: adarchin@rambler.ru

Косушкин Виктор Григорьевич - д-р техн. наук, заведующий кафедрой "Материаловедение" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kosushkin@gmail.com

Е.Б. Баскаков, В.С.Зайончковский, П.А.Быков

ПРИМЕНЕНИЕ БОР-СИЛИКАТНОГО СТЕКЛА КАК ПОДСЛОЯ В МАГНИТНОМ СПЛАВЕ FE-CR-CO

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Для реализации подмагничивающего постоянного магнита на обратной стороне подложки магнеторезистивной интегральной схемы, нами было решено напылять с помощью магнетронного распыления деформируемые сплавы состава Fe-Cr-Co с добавками переходных металлов. Эти сплавы являются сплавами с низким содержанием кобальта, что приводит к их малой себестоимости. Эти сплавы являются дисперсионно твердеющими. Высокие коэрцитивные свойства они приобретают в результате многоступенчатой термообработки, по ГОСТ24897-81. Магнитные характеристики, измеренные на объемных образцах, с характерными размерами не менее, чем $10 \times 10 \times 10 \text{ мм}^3$; $H_c = 40 \text{ кА/м}$, $B_r = 1.2 \text{ Тл}$. Коэрцитивная сила после термообработки должна увеличиться до 200 Эр.

Нанесение сложных, многокомпонентных металлических пленок, возможно только методом магнетронного напыления. В данной работе получены пленки состава Fe-Co-Cr в следующих условиях – напряжение разряда (420|500)В, ток разряда – 2 А, давление аргона в камере:

$(10^{-2}|10^1) \text{ Па}$. После получения пленки были подвергнуты термообработке [1] в форвакууме – с давлением не выше, чем 1 Па.

После термообработки, образцы были протестировали на магнитные свойства, на вибромагнитрометре фирмы «LakeShore» в МГУ им М.В.Ломоносова. Согласно этим тестам, величина коэрцитивной силы достигла 105 Эр. Петля гистерезиса стала прямоугольной, что говорит об однофазности образца (Рис.1). Это необходимо для реализации постоянных магнитов.

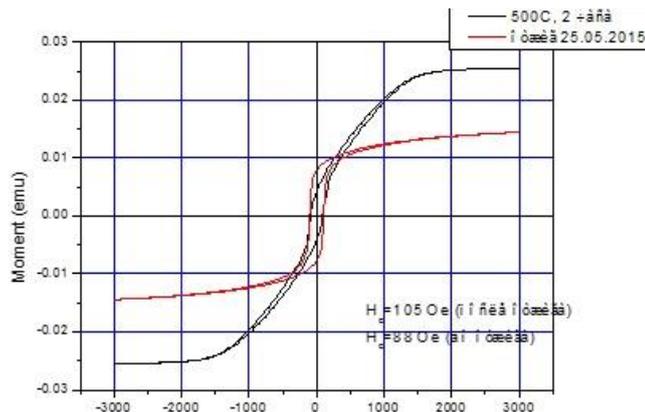


Рис. 1. Ориентация поля, параллельная плоскости

Однако, после термообработки на образцах наблюдается разрушения пленки и в некоторых местах можно обнаружить разрушения кремния. Это хорошо видно на фотографии тонкой пленки после термообработки (рис.2). Снимок был сделан на конфокальном микроскопе «Nanofocus», который был предоставлен предприятием «Растр-технология», город Обнинск. На снимке отчетливо видно разрушения в кремнии (магнитная пленка отслаивалась).

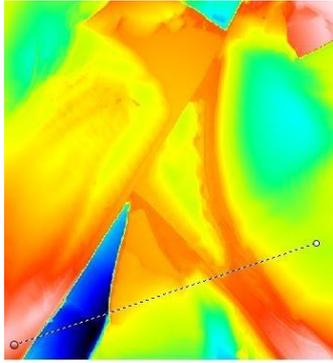


Рис. 2. Снимок подложки кремния после термообработки

Коэрцитивная сила исходного образца 88 Э, судя по форме петли, образец двухфазный. После отжига коэрцитивная сила возросла до 105 Э.

Для того, чтобы напряжения в пленке после термообработки снизить, было решено использовать подслоя. Изначально планировалось использовать Си, как подслоя, способный снять напряжения в пленке. Однако, после термообработки пленка также разрушилась, но при этом коэрцитивная сила снизилась до 15 Э.

На данный момент поставлена задача использовать в качестве подслоя бор-силикатное стекло. Этот материал должен снять напряжения в пленке после термообработки сплава Fe-Cr-Co, так как температура стекления этого материала ниже, чем температура термообработки магнитной пленки. На данный момент освоена технология нанесения материала на подложку КЭФ-4.5:

- Окисление подложки на воздухе в печи "СНОЛ" - 1000°C/1 час
- Нанесение на подложку бор-силикатного стекла. Для равномерного распределения материала по всей поверхности подложки использовалась центрифуга.
- Вжигание материала на подложке- 500 °C/30 минут.

В дальнейшем, на кремниевую подложку с этим подслоем будет проводиться напыление сплава Fe-Cr-Co. Предполагается, что материал снизит напряжения в тонких магнитных пленках после термообработки и не повлияет на коэрцитивные свойства.

Литература:

[1] Трошкина В.А. Способ термообработки сплавов системы Fe-Cr-Co. 1994г

[2] Баскаков Е.Б., Зайончковский В.С., Быков П.А. Образование кластеров трещин в приграничных областях тонких пленок сплавов Fe-Cr-Co. –Научные технологии в приборо- и машиностроении, и развитие инновационной деятельности в вузе, Материалы, Том 3, стр. 7-8, 2015-05-24

Баскаков Евгений Борисович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: baskak92@gmail.com

Зайончковский Вячеслав Станиславович - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vz48@post.ru

Быков Павел Андреевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: pawel.byckoff@yandex.ru

И.А. Швецов

ПРИМЕНЕНИЕ ТОЛСТЫХ ПЛЕНОК МОНОСУЛЬФИДА САМАРИЯ В СЕНСОРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, 248000, Россия

Обеспечение высокого и стабильного качества промышленной продукции является в настоящее время одной из основных проблем, на решение которой направлены усилия коллективов ученых, конструкторов и технологов. В рамках этой проблемы важное место занимают прочностные испытания образцов техники. Для измерения напряжений или величин деформаций в деталях машин и элементах конструкций используют резистивные, струнные и индуктивные первичные преобразователи в сочетании с измерительными схемами включения и преобразования информации. Из названных выше первичных преобразователей в практике наиболее часто находят применение тензорезисторы. Простота конструкции, малые масса и габариты позволяют использовать тензорезисторы для измерения сил, давлений, вращающих моментов, ускорений и других величин, преобразуемых в упругую деформацию в труднодоступных местах различных машин и механизмов без изменения конструкций. [2]

Тензорезисторы на основе сульфида самария представляют собой новую альтернативу для разработчиков и конструкторов датчиков и систем измерения механических величин. Полученные результаты исследований механических свойств сульфида самария способны сыграть огромную роль в таком важном вопросе, как преобразование побочных видов механических напряжений в электрическую энергию, а новые данные по чувствительности пленок сульфида самария к изменениям упругого состояния показывают их конкурентоспособность с существующими тонкопленочными датчиками. [1]

Тензоэффект и тензорезисторы. Тензорезисторами называют преобразователи, осуществляющие преобразование механических деформаций в изменение электрического сопротивления, т.е. преобразователи, основанные на тензоэффекте. [3] Тензоэффектом называется свойство проводниковых и полупроводниковых материалов изменять электропроводность (электрическое сопротивление) при изменении объема или напряженного состояния. У полупроводниковых материалов тензоэффект связан со значительным изменением удельного сопротивления; знак тензоэффекта зависит от типа проводимости полупроводникового материала, а величина – от кристаллографического направления.

В последние годы появился способ изготовления приклеиваемых тензосопротивлений, заключающийся в вакуумной возгонке тензочувствительного материала и последующей конденсации его на подложку, напыляемую непосредственно на деталь. Такие тензорезисторы получили на-

звание **пленочных**. Малая толщина таких тензорезисторов (15-30 мкм) дает существенное преимущество при измерениях деформаций в динамическом режиме в области высоких температур, где измерения деформации представляют собой специализированную область исследований. [3] Целый ряд пленочных тензорезисторов на основе висмута, титана, кремния или германия выполняется в виде одной проводящей полоски. Такие преобразователи не имеют недостатка, заключающегося в уменьшении относительной чувствительности преобразователя по сравнению с чувствительностью материала, из которого выполнен преобразователь.

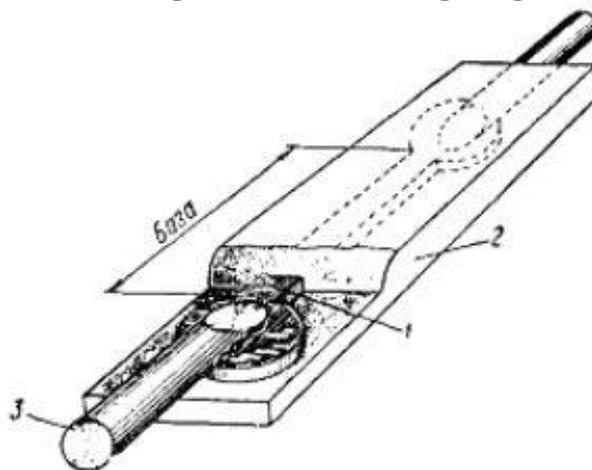


Рис. 1. Пленочный тензопреобразователь: 1- тензочувствительная пленка; 2- пленка лака; 3- выводной проводник

Для получения наклеиваемых тензорезисторов используются диффузная или эпитаксиальная технология. В обоих случаях электрическая изоляция тензорезистора обеспечивается большим сопротивлением p-n перехода. [2]

Тензорезисторы образуются за счет локальной диффузии примесей в подложку. При этом тип электрической проводимости тензорезистивных пленок должен быть противоположен типу электрической проводимости подложки. Обычно маской является оксидная пленка, в которой методом фотолитографии вытравливаются окна соответствующих размеров. Температура и длительность процесса диффузии определяют толщину и сопротивление получаемых тензорезисторов.[2] В качестве подложек применяется сапфир или шпинель. Подложка из монокристаллического сапфира обладает исключительными упругими свойствами. Сапфир весьма прочен, имеет высокую стойкость к агрессивным средам. В вакууме сапфир хорошо спаивается с металлами твердыми припоями.

Область применения тензорезисторов. Тензорезисторы используются для:

- Измерения силы.
- Измерение вибрации/ускорения.
- Измерение перемещения.

- Измерение крутящего момента.
- Измерение давления.

Такой большой выбор измеряемых физических величин делает датчики на тензорезисторах необходимым контрольно-измерительным инструментом во многих областях промышленности, производства и просто в повседневной жизни.

Таблица 1. Материалы, используемые в качестве чувствительного элемента тензорезистора

Материал	Состав, %	К в области упругой деформации
Константан	45Ni55Cu	2,1
Карма	74Ni20Cr3Al3Fe	2
Изоэластик	36Ni8Cr0,5Mo55,5Fe	3,6
Нихром V	80Ni20Cr	2,1
Платиновольфрам	92Pt8W	4
Армюр Д	70Fe20Cr10Al	2
Сульфид самария (монокристалл)	SmS	~100
Кремний (монокристалл)	Si	~150

Одним из основных параметров тензорезисторов является коэффициент тензочувствительности (К) — величина, которая характеризует относительное изменение его выходного сигнала к изменению относительной деформации.

Коэффициент тензочувствительности металлических тензорезисторов определяется главным образом изменением их геометрии под действием деформации. Коэффициент тензочувствительности полупроводниковых тензорезисторов определяется изменением электрических свойств полупроводника (электропроводности) под действием деформации. [1]

Основным полупроводниковым материалом является кремний, широко используемый в тензометрии, однако он обладает рядом недостатков, которые делают применение тензорезисторов на его основе невозможным для решения целого ряда задач. Главный недостаток — нелинейность характеристик, основанная на особенностях зонной структуры кремния. Специфичность зонной структуры кремния приводит к ухудшению таких метрологических характеристик, как точность, линейность сигнала, температурная и временная стабильность. Кроме того, кремний достаточно хрупок. А между тем возможность изгибать тензодатчик является одним из важнейших преимуществ проволочных и фольговых тензорезисторов. Именно это свойство делает возможным исследования деформаций в дета-

лях сложной формы. В основе преимуществ SmS в сфере эксплуатации датчиков и их производства лежит уникальная электронная зонная структура этого полупроводника, позволяющая совмещать стабильность работы металлических тензорезисторов и высокую чувствительность полупроводниковых. SmS-тензорезисторы в сравнении с существующими аналогами имеют:

- высокий линейный выходной сигнал — коэффициент тензочувствительности (K) от 30 до 100 (у полупроводниковых сигнал не линейный — K от 80 до 225, у металлических сигнал слабый — K около 2);
- широкий диапазон выходных сопротивлений от 0,2 до 20 кОм (полупроводниковые до 10 кОм, металлические от 0,12 до 1 кОм);
- рабочий температурный диапазон от -70 до $+200$ °С для всех моделей (полупроводниковые: от -50 до $+125$ °С, металлические: от -200 до $+200$ °С);
- возможность монтажа на изогнутую поверхность (у полупроводниковых такая возможность отсутствует);
- стойкость к воздействию радиации и магнитных полей. [1]

Конечно же, существуют материалы с более высоким коэффициентом тензочувствительности, чем у кремния и SmS, но эти материалы весьма хрупки и потому их использование невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Разработка технологии производства толсто пленочных тензорезисторов на основе SmS. Молодежная конференция ИННОСТАРТ - 2015. Тезисы итогового мероприятия по Программе "Участник молодежного научно - инновационного конкурса 2015". Обнинск, 17 - 18 ноября 2015 г., 80 с.

[2] Каминский В. В., Молодых А. А., Степанов Н. Н., Соловьев С. М., Володин Н. М., Иванов В. А. "Особенности применения полупроводниковых тензо- и барорезисторов на основе сульфида самария // Научное приборостроение." Т. 21. 2011. № 2.

[3] Соловьев С. М. Особенности электрических и термоэлектрических свойств моносульфида самария, связанные с переменной валентностью ионов самария. Автореферат диссертации и диссертация на соискание ученой степени к. ф. - м. н. Санкт-Петербург, 2007.

Швецов Илья Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: arklay.core@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 6.

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ 3

Ридванская Н.В., Яковлева О.В.

Анализ работы очистных сооружений гальваносток
на АО «Тайфун» и возможность внедрения передовых
технологий очистки..... 4

Шашкина В.Д., Бочарова К.В., Шемель И.Г.

Анализ способов получения нетканых материалов 8

Мясникова Н.С., Яковлева О.В.

Аналитическое исследование качества сточных вод птицефабрики..... 12

Каштанова О.В., Яковлева О.В.

Исследование возможности внедрения передовых технологий очистки
гальваносток на предприятии АО «Восход» - КРЛЗ..... 17

Краснощекова С.Ю., Рагулина Т.А., Шемель И.Г.

Исследование основных рабочих показателей активного ила,
пригодного для дефосфатизации хозяйственно-бытовых стоков..... 20

Христофорова М.И., Хролынцев А.А., Яковлева О.В.

Обеспечение необходимой тонкости фильтрации взвеси в
профильтрованной воде перед установкой обратного осмоса..... 24

Зубов С.Г., Яковлева О.В.

Пути решения проблемы водоподготовки на Черепетской ГРЭС..... 29

Крылова Л.А., Яковлева О.В.

Сравнительный анализ работы азротенка и биофильтра..... 33

Попова Е.В., Морозенко М.И.

Технология плазменной газификации твердых бытовых отходов 37

СЕКЦИЯ 7.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И КОМПЛЕКСАХ..... 40

Первов Р.И., Пономарев А.И.

Анализ подвесок коммерческих автомобилей и легких автобусов 41

Пономарев А.И., Калинин А.А.

Выбор приборов и средств измерения для экспериментальных
исследований электрического усилителя рулевого управления 45

Драчев А.Н., Кодинцев Н.П., Голубина С.А.

Диагностика нажимного диска сцепления автомобилей ВАЗ..... 48

<i>Заяц А.А., Пономарев А.И.</i> К вопросу о выборе устройства для мойки днища легкового автомобиля	52
<i>Мишин Е.А., Пономарев А.И., Плахов С.А.</i> К вопросу об установке подключаемого полного привода на автомобиль Chevrolet Niva	55
<i>Мишин Е.А., Пономарев А.И.</i> К вопросу об электромагнитном приводе газораспределительных клапанов в двигателе внутреннего сгорания.....	60
<i>Андросов А.Ю., Садковский Б.П.</i> Конструктивные методы модернизации источников электроэнергии	65
<i>Алакин В.М., Андросов А.Ю.</i> Конструкторский расчет и выбор шарниров равных угловых скоростей.....	70
<i>Пономарев А.И., Алакин В.М.</i> Независимая подвеска ВАЗ 2110.....	73
<i>Никитин Г.С., Алакин В.М., Плахов С.А.</i> Определение оптимальных параметров и режимов работы лопастного битера.....	75
<i>Селькин С.А., Плахов С.А.</i> Повышение управляемости автомобиля при различных скоростных режимах	78
<i>Брынза А.А., Брынза Е.В., Алакин В.М.</i> Подход к модернизации червячного редуктора в электроусилителе руля	81
<i>Кулешов А.А., Пономарев А.И.</i> Разработка задней независимой подвески на двойных поперечных рычагах для автомобиля ВАЗ 2121.....	85
<i>Рабецкий В.В., Кодинцев Н.П.</i> Разработка передней независимой подвески для автомобилей УАЗ.....	88
<i>Пономарев А.И., Белкина А.П.</i> Разработка раздаточной коробки с вариаторами для полноприводного легкового автомобиля повышенной проходимости	91
<i>Плахов С.А., Пономарев А.И., Крылов М.В.</i> Разработка системы автоматически подключаемого полного привода на автомобиле Шевроле Нива.....	95
<i>Богомолов А.Б., Пономарев А.И.</i> Разработка электроусилителя рулевого управления для автомобилей семейства ВАЗ	100

<i>Плахов С.А., Семизоров А.В.</i> Система впрыска воды во впускной коллектор двигателя внутреннего сгорания.....	103
<i>Матвеев А.В., Плахов С.А.</i> Увеличение долговечности карданной передач.....	106
<i>Чупова А.Д., Пономарев А.И.</i> Улучшение тормозных характеристик автомобиля Лада Приора с помощью комбинированного тормозного механизма.....	108
СЕКЦИЯ 8.	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ.....	112
<i>Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д., Соломатин А.А.</i> Кластер астероида 428209 (2006 VC) группы Аполлона	113
<i>Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д., Владыкин М.В.</i> Кластер астероида (3200) Фаэтон.....	117
СЕКЦИЯ 9.	
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ГИДРОПНЕВМАТИКА.....	122
<i>Бугина И.М., Савин В.Ю.</i> Анализ вариантов профилей кривых статоров в пластинчатых насосах двойного действия.....	123
<i>Маклачков А.Н., Коротков В.В.</i> Кавитация	126
<i>Рогожина М.А., Боганова А.А.</i> Основные вопросы создания современных систем комплексной параметрической и вибрационной диагностики энергетических установок.....	129
<i>Ломакин Д.А., Быков А.И., Чубаров Ф.Л.</i> Параметрическая идентификация пневмопривода промышленного робота МП–9С	133
<i>Пащенко В.В., Зиновьева О.И.</i> Применение метода объема жидкости в задаче заполнения резервуара...	136
СЕКЦИЯ 10.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	139
<i>Сорочан В.В., Степаненко К.В.</i> Автоматизация регрессионного тестирования конфигураций 1С	140
<i>Карышев А.А., Веселин А.И.</i> Автоматизация управления персональным компьютером для людей с ограниченными возможностями посредством голосового интерфейса	143

<i>Карышев А.А., Дорохов Ю.Ф., Багдошвили А.А.</i> Автоматизированное рабочее место проектировщика пресс-форм.....	148
<i>Белов Ю.С., Воронцов А.Н.</i> Анализ закона об импортозамещении	152
<i>Солдатов К.Н., Потапов А.Е.</i> Использование группы динамически загружаемых сборок в программировании	156
<i>Вершинин В.Е., Жуков А.К.</i> Классификация и способы предотвращения SQL-инъекций.....	159
<i>Сайкин С.В., Борсук Н.А.</i> Обработка карты Российской Федерации с выводом текстовой информации по регионам	162
<i>Солдатов К.Н., Потапов А.Е.</i> Оптимизация обновления часто меняющегося набора данных в БД	165
<i>Косенков И.А., Плотников Ф.А.</i> Основные алгоритмы и правила работы автоматизированной системы учета пользовательских активностей на компьютерах в локальной сети.....	168
<i>Короткова Е.В., Вершинин Е.В.</i> Проблемы энергоэффективности и защиты данных в беспроводных сенсорных сетях.....	172
<i>Косенков И.В., Плотников Ф.А.</i> Проектирование автоматизированной системы учета пользовательских активностей на компьютерах в локальной сети.....	177
<i>Карышев А.А., Ромашов П.А.</i> Разработка автоматизированного рабочего места инженера по тестированию программного обеспечения.....	180
<i>Карышев А.А., Безрукова А.В.</i> Разработка автоматизированной системы тестирования и документирования электро-технических характеристик многопортовых СВЧ устройств	185
<i>Нилов А.С., Потапов А.Е., Нилова А.С.</i> Технологии синхронизации баз данных на платформе .NET Framework .	190
СЕКЦИЯ 11. ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	195
<i>Лазарев Н.С.</i> Анализ омического контакта системы титан–никель с сильно легированным кремнием n–типа	196

<i>Глотова О.Н.</i>	
Влияние качества тонких диэлектрических пленок на надежность интегральных микросхем	200
<i>Бережанский И.Р., Адарчин С.А.</i>	
Влияние механических напряжений на электрофизические свойства полупроводниковых приборов. Образование дислокаций	204
<i>Расторгуев И.А., Лазарев Н.С., Зайончковский В.С., Скипер А.В., Аунг Чжо Чжо</i>	
Испытания модернизированного узла нагрева установки УВН-71-ПЗ.....	208
<i>Попова К.В.</i>	
Механизм процесса осаждения защитных пленок SiO ₂	211
<i>Гавриченко П.Н., Зайончковский В.С., Коновалов В.Н., Аунг Чжо Чжо</i>	
Определение топологии магнетронного источника	216
<i>Романов Д.А., Прохоров И.А., Стрельченко С.С., Большаков А.П., Ральченко В.Г.</i>	
Особенности пластической деформации эпитаксиальных CVD пленок германия и алмаза.....	219
<i>Белоусова Е.В.</i>	
Оценка эффективности методов соединения кремниевых и стеклянных пластин	226
<i>Островский Д.М., Адарчин С.А., Косушкин В.Г.</i>	
Повышение качества толстопленочных элементов силовой электроники	229
<i>Баскаков Е.Б., Зайончковский В.С., Быков П.А.</i>	
Применение бор-силикатного стекла как подслоя в магнитном сплаве Fe-Cr-Co.....	233
<i>Швецов И.А.</i>	
Применение толстых пленок моносulfида самария в сенсорной электронике.....	235
СОДЕРЖАНИЕ	239

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРИБОРО - И МАШИНОСТРОЕНИИ
И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ**

**Материалы
Региональной научно-технической конференции**

Том 2

Научное издание

Все работы публикуются в авторской редакции. Авторы несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений.

Подписано в печать 18.04.2016.
Формат 60x90/16. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Печ. л. 15,25. Усл. п. л. 14,18. Тираж 50 экз. Заказ № 69

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
107005, Москва, 2-я Бауманская, 5

Оригинал-макет подготовлен и отпечатан в Редакционно-издательском отделе
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
248000, г. Калуга, ул. Баженова, 2, тел. 57-31-87